Volume C Préface

L'EIE du projet Ambatovy a été conçue pour rencontrer les exigences d'information stipulées dans les Termes de référence (TdR) imposés au projet par l'ONE (Office National de l'Environnement, Agence malgache régulatrice) et ce, sous la forme d'un ensemble complet et facile d'accès. L'information est présentée dans 11 volumes traitant de sujets spécifiques. La liste des volumes est présentée ci-dessous: un organigramme illustre la structure de chacun de ces volumes (Figure 1):

- Volume A: Introduction
- Volume B: Etude d'impact environnemental - Mine
- Volume C: Etude d'impact environnemental - Pipeline de pulpe
- Volume D: Etude d'impact environnemental - Usine de traitement
- Volume E: Etude d'impact environnemental - Parc à résidus
- Volume F: Etude d'impact environnemental - Extension portuaire
- Volume G: Etude d'impact environnemental - Effets cumulatifs
- Volume H: Annexes générales
- Volume I: Annexes sur les aspects physiques
- Volume J: Annexes sur les aspects biologiques
- Volume K: Annexes sur les aspects sociaux

Le volume A présente le projet et le processus de l'EIE; il contient les informations sur les secteurs d'étude et la méthodologie utilisée pour toutes les disciplines et toutes les composantes du projet.

Pour la commodité des lecteurs qui ne voudraient lire que des parties spécifiques de l'EIE, les volumes B à F contiennent chacun la description du projet et l'évaluation environnementale pour un secteur spécifique du projet. Donc, un lecteur qui ne s'intéresse qu'à un site particulier du projet peut lire le volume correspondant.

Le volume G contient l'évaluation des effets cumulatifs; il traite des effets combinés de toutes les composantes du projet et les effets cumulatifs de l'ensemble du projet avec les autres projets et activités prévisibles à Madagascar.

Lorsque approprié, l'EIE renvoie à des documents séparés, les annexes, dans les volumes H à K; ces annexes contiennent des informations techniques et de référence additionnelles. Ces volumes contiennent également les annexes des rapports de l'EIE pour quelques disciplines ainsi que des informations pertinentes à l'EIE pour plusieurs composantes du projet. Les annexes H-12 et H-13 contiennent le glossaire, les acronymes et les références pour tous les volumes.

Figure 1 Structure de l'étude d'impact environnemental du projet Ambatovy

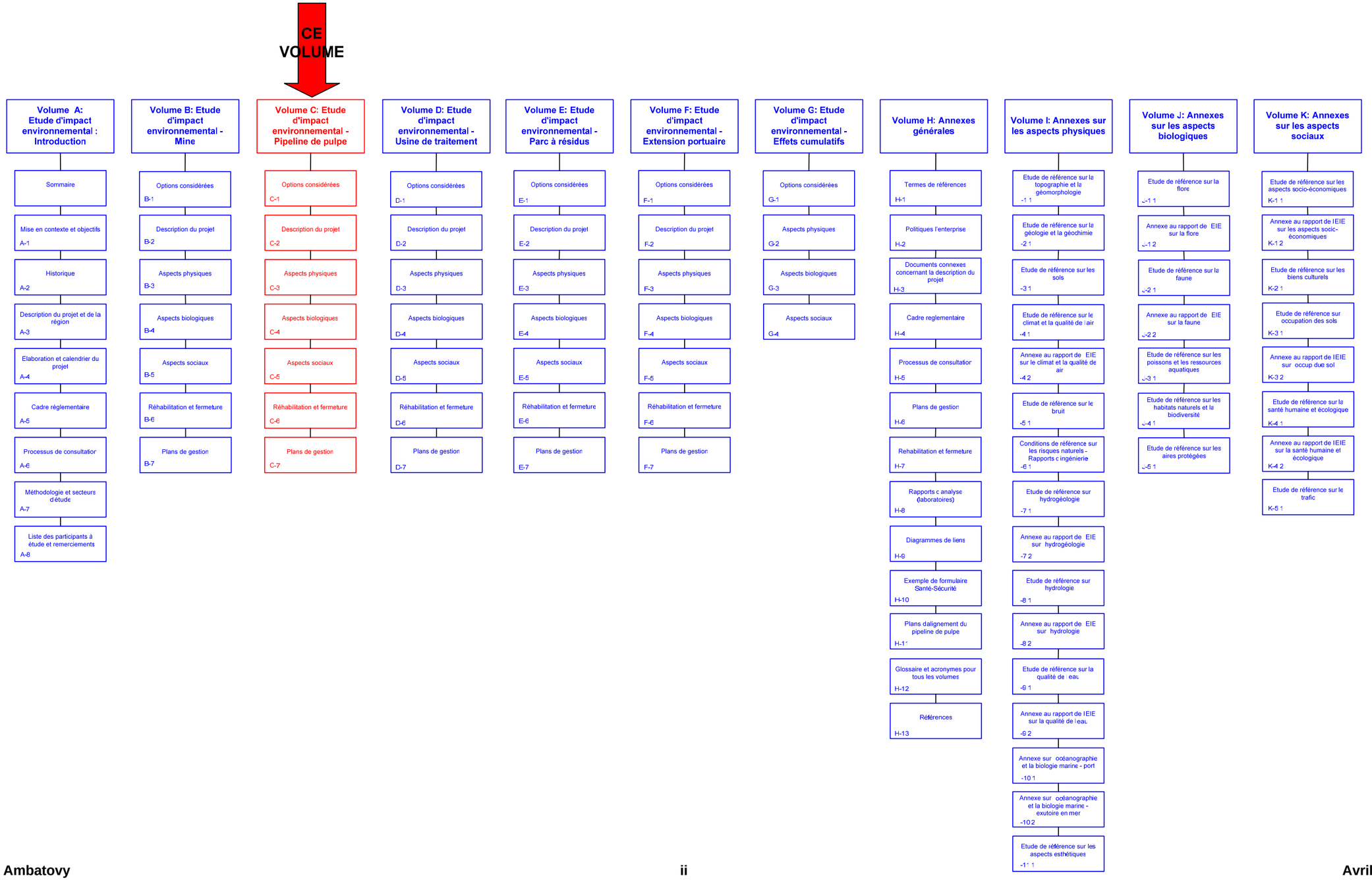


TABLE DES MATIERES

SECTION **PAGE**

1 OPTIONS CONSIDEREES 1
1.1 PROPOSITION INITIALE 4
1.2 OPTIONS POUR LA SECTION OUEST 4
1.3 OPTIONS POUR LA SECTION EST 7
1.4 CONCLUSIONS 8

2 DESCRIPTION DU PROJET 10
2.1 CONSTRUCTION 10
2.1.1 Etudes du tracé 13
2.2 SYSTEME DE CONTROLE 14
2.3 SYSTEME DE SECURITE 15
2.4 SYSTEME DE DETECTION DE FUITE 16
2.5 PROTECTION DU PIPELINE CONTRE LA SURPRESSION 17
2.6 AUTRES PIPELINES SEMBLABLES 17

3 PHYSIQUES 19
3.1 TOPOGRAPHIE ET GEOMORPHOLOGIE 19
3.1.1 Introduction 19
3.1.2 Secteur d'étude 19
3.1.3 Résumé de l'étude de référence 19
3.1.4 Portée des enjeux 20
3.1.5 Evaluation des impacts 20
3.1.6 Conclusions 24
3.2 SOLS 25
3.2.1 Introduction et secteur d'étude 25
3.2.2 Résumé de l'étude de référence 25
3.2.3 Evaluation des impacts 26
3.2.4 Conclusions 34
3.3 CLIMAT ET QUALITE DE L'AIR 35
3.3.1 Introduction 35
3.3.2 Limites d'évaluation 35
3.3.3 Résumé de l'étude de référence 36
3.3.4 Evaluation des impacts 36
3.3.5 Conclusions 38
3.4 BRUIT 39
3.4.1 Introduction 39
3.4.2 Secteurs d'étude 39
3.4.3 Résumé de l'étude de référence 39
3.4.4 Evaluation des impacts 41
3.4.5 Conclusions 45
3.5 RISQUES NATURELS 46
3.5.1 Introduction 46
3.5.2 Secteur d'étude 46
3.5.3 Résumé de l'étude de référence 46
3.5.4 Portée des enjeux 46
3.5.5 Evaluation des impacts 48
3.6 HYDROLOGIE 54
3.6.1 Introduction 54

3.6.2 Résumé de l'étude de référence 54
3.6.3 Portée des enjeux 58
3.6.4 Évaluation des impacts 58
3.6.5 Analyse des impacts 64
3.6.6 Conclusions 66
3.7 QUALITE DE L'EAU 67
3.7.1 Introduction 67
3.7.2 Secteur d'étude 67
3.7.3 Résumé de l'étude de référence 67
3.7.4 Portée des enjeux 68
3.7.5 Evaluation des impacts 69
3.7.6 Analyse des impacts 73
3.7.7 Conclusions 75
3.8 ASPECTS ESTHETIQUES 76
3.8.1 Introduction 76
3.8.2 Secteur d'étude 76
3.8.3 Résumé de l'étude de référence 76
3.8.4 Portée des enjeux 77
3.8.5 Evaluation des impacts 78
3.8.6 Conclusions 84

4 BIOLOGIQUES 86
4.1 FLORE 86
4.1.1 Introduction 86
4.1.2 Secteur d'étude 86
4.1.3 Résumé de l'étude de référence 87
4.1.4 Portée des enjeux 89
4.1.5 Question clé FL-1 : Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il en sur la perte et l'altération des communautés végétales ? 91
4.1.6 Question clé FL-2 : Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur l'introduction d'espèces exotiques ou indésirables? 98
4.2 FAUNE 101
4.2.1 Introduction 101
4.2.2 Secteur d'étude 101
4.2.3 Résumé de l'étude de référence 102
4.2.4 Evaluation des impacts 104
4.3 POISSONS ET RESSOURCES AQUATIQUES 130
4.3.1 Introduction 130
4.3.2 Secteur d'étude 130
4.3.3 Résumé de l'étude de référence 130
4.3.4 Portée des enjeux 141
4.3.5 Question clé FA-1 : Quel effet le projet aura-t-il sur l'habitat aquatique? 143
4.3.6 Question clé FA-2 : Quel effet le projet aura-t-il sur l'abondance et la survie des poissons ? 152
4.3.7 Question clé FA-3 : Quel effet le projet aura-t-il sur la pêche artisanale? 157
4.3.8 Conclusion 160
4.4 HABITATS NATURELS ET BIODIVERSITE 161
4.4.1 Introduction 161
4.4.2 Secteur d'étude 162
4.4.3 Résumé de l'étude de référence 162
4.4.4 Evaluation des impacts 165
4.4.5 Conclusions 178

4.5 AIRES PROTEGEES....179
4.5.1 Introduction....179
4.5.2 Secteur d'étude....179
4.5.3 Résumé de l'étude de référence....179
4.5.4 Portée des enjeux....180
4.5.5 Evaluation des impacts....181
4.5.6 CONCLUSIONS....187

5 SOCIAUX....189
5.1 ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES....189
5.1.1 Introduction....189
5.1.2 Evaluation des impacts....190
5.1.3 Résumé....199
5.2 BIENS CULTURELS....202
5.2.1 Introduction....202
5.2.2 Secteur d'étude....202
5.2.3 Résumé de l'étude de référence....202
5.2.4 Portée des enjeux....205
5.2.5 Evaluation des impacts....206
5.2.6 Méthodes d'évaluation....206
5.3 OCCUPATION DU SOL....210
5.3.1 Introduction…….....210
5.3.2 Résumé de l'étude de référence....210
5.3.3 Portée des enjeux....211
5.3.4 Méthodologie d'évaluation....211
5.3.5 Evaluation des impacts....212
5.3.6 Mesures d'atténuation....214
5.3.7 Conclusions....215
5.4 SANTE HUMAINE ET ECOLOGIQUE....216
5.4.1 Introduction....216
5.4.2 Secteur d'étude....216
5.4.3 Résumé de l'étude de référence....216
5.4.4 Evaluation des impacts....216
5.4.5 Conclusions....221
5.5 TRAFIC....222
5.5.1 Introduction....222
5.5.2 Secteur d'étude....222
5.5.3 Résumé de l'étude de référence....222
5.5.4 Portée des enjeux....223
5.5.5 Changements du trafic....224
5.5.6 Conclusions....230

6 PLAN DE REHABILITATION....231
6.1 MISE EN ORDRE ET REHABILITATION....231
6.1.1 Emprise des routes et du pipeline de pulpe....233
6.1.2 Bancs d'emprunt....234
6.1.3 Franchissement de cours d'eau....234
6.1.4 Déversements....234
6.1.5 Revégétalisation....234
6.2 DEMANTELEMENT ET ABANDON....235
6.3 MESURES D'ATTENUATION GENERALES POUR LA CONSTRUCTION....236
6.3.1 Récupération du bois d'œuvre....237
6.3.2 Essouchement et décapage....237
6.3.3 Stabilité du sol et lutte contre l'érosion....237

6.3.4 Franchissements de cours d'eau 238

7 PLANS DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET DE DEVELOPPEMENT SOCIAL 240
7.1 ETUDES DE PRE-CONSTRUCTION 240
7.1.1 Plan de gestion de l'eau....240
7.1.2 Plans de gestion de la faune et de la flore....240
7.1.3 Plan de gestion des poissons et du milieu aquatique....240
7.2 ACTIVITES DURANT LES PHASES DE CONSTRUCTION ET D'OPERATION 241
7.2.1 Plan d'intervention d'urgence....241
7.2.2 Plan de gestion des poissons et du milieu aquatique....241
7.2.3 Plan de développement des ressources humaines....241
7.2.4 Autres activités de gestion socio-économique....241
7.3 ACTIVITES DE FERMETURE ET DE REHABILITATION 242
7.3.1 Plan de gestion de la faune et de la flore 242

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1 Comparaison des options de tracés du pipeline de pulpe....3
Tableau 2-1 Autres pipelines semblables 18
Tableau 3.1-1 Critères de description des impacts sur la topographie et la géomorphologie 21
Tableau 3.1-2 Effets potentiels et impacts résiduels sur la topographie et la géomorphologie 22
Tableau 3.1-3 Classification des impacts résiduels sur la topographie et la géomorphologie 23
Tableau 3.2-1 Résumé des caractéristiques des sols du secteur du pipeline....26
Tableau 3.2-2 Matrice d'interactions du projet....27
Tableau 3.2-3 Critères d'évaluation des sols....29
Tableau 3.2-4 Perturbations des types de sols le long du pipeline de pulpe 33
Tableau 3.2-5 Classification de l'impact résiduel pour les sols 34
Tableau 3.4-1 Résumé des niveaux de bruit actuels, pipeline de pulpe 41
Tableau 3.4-2 Emissions sonores des équipements de construction....44
Tableau 3.6-1 Hauteur maximale de pluie en 24 heures....56
Tableau 3.6-2 Ruissellement mensuel et annuel typique estimé le long du tracé du pipeline (selon le programme de suivi 2004-2005)....57
Tableau 3.6-3 Caractéristiques et débits des tronçons le long du tracé du pipeline 57
Tableau 3.6-4 Critères de description des impacts et notes pour le projet Ambatovy - hydrologie 60
Tableau 3.6-5 Exemples typiques de mesures de lutte contre l'érosion et de contrôle du débit solide....63
Tableau 3.6-6 Classification des impacts résiduels sur l'hydrologie....65
Tableau 3.8-1 Points de vue clés : tracé du pipeline de pulpe 77
Tableau 3.8-2 Critères de description des impacts sur les aspects esthétiques....79
Tableau 3.8-3 Effets potentiels et impacts résiduels des aspects esthétiques 82
Tableau 3.8-4 Classification des impacts résiduels sur les aspects esthétiques 84
Tableau 4.1-1 Critères de description des impacts sur les communautés végétales, leur structure et leur diversité 92
Tableau 4.1-2 Changement de la superficie des types de végétation suite au défrichement dans le secteur local d'étude du pipeline....94

Tableau 4.1-3 Classification des impacts résiduels sur la perte ou l'altération des communautés végétales 95
Tableau 4.1-4 Critères de description des impacts relatifs aux espèces de plantes exotiques et indésirables 98
Tableau 4.1-5 Classification des impacts résiduels relatifs aux espèces de plantes exotiques ou indésirables 100
Tableau 4.2-1 Critères de description des impacts sur la faune 108
Tableau 4.2-2 Changement (en %) de superficie de l'habitat résultant du défrichement dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe 110
Tableau 4.2-3 Cours d'eau affectées par le pipeline de pulpe 112
Tableau 4.2-4 Classification des impacts résiduels associés à la perte directe d'habitat 113
Tableau 4.2-5 Habitats (ha) situés à l'intérieur des 100 m de la zone d'effets de lisière de part et d'autre du pipeline de pulpe 117
Tableau 4.2-6 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la perte indirecte d'habitat 118
Tableau 4.2-7 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la mortalité directe 123
Tableau 4.2-8 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la fragmentation de l'habitat et aux obstacles au mouvement 128
Tableau 4.3-1 Caractéristiques de l'habitat aux emplacements d'échantillonnage des cours d'eau du secteur local d'étude du pipeline de pulpe 134
Tableau 4.3-2 Espèces de poissons relevées dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe au cours de l'inventaire de 2004-2005 136
Tableau 4.3-3 Taxons de macroinvertébrés relevés dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe au cours de l'inventaire de 2004-2005 137
Tableau 4.3-4 Eléments de l'écosystème, paramètres et critères d'évaluation ayant servi à l'étude des poissons et des ressources aquatiques 143
Tableau 4.3-5 Critères de description des impacts sur les poissons et les ressources aquatiques 146
Tableau 4.3-6 Estimé de la perturbation totale des habitats aquatiques dans le secteur local d'étude du pipeline 148
Tableau 4.3-7 Effets potentiels et impacts résiduels sur l'habitat aquatique 150
Tableau 4.3-8 Classification des impacts résiduels concernant les effets sur l'habitat aquatique 151
Tableau 4.3-9 Distribution, nombre d'espèces et abondance relative (par comparaison avec les espèces introduites) des espèces endémiques dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe. 154
Tableau 4.3-10 Effets potentiels et impacts résiduels sur l'abondance et la santé des espèces aquatiques dans le secteur du pipeline 156
Tableau 4.3-11 Classification des impacts résiduels concernant les effets sur l'abondance et la santé des espèces aquatiques dans le secteur du pipeline de pulpe 156
Tableau 4.3-12 Effets potentiels et impacts résiduels sur la pêche artisanale 159
Tableau 4.3-13 Classification des impacts résiduels concernant les effets sur la pêche artisanale 160
Tableau 4.4-1 Richesse en espèces, endémisme et statut de conservation de la flore, des reptiles, des amphibiens, des oiseaux et des poissons dans le secteur local d'étude du pipeline 164
Tableau 4.4-2 Classification de l'occupation du sol du secteur local d'étude du pipeline 165
Tableau 4.4-3 Emplacement de l'information relative à l'analyse des impacts sur la biodiversité 168
Tableau 4.4-4 Résumé des impacts potentiels sur les habitats naturels et la biodiversité 170
Tableau 4.4-5 Critères de description des impacts sur les habitats naturels et la biodiversité 172

Tableau 4.4-6 Changement de la superficie de chacune des classes de d'occupation du sol lié à l'aménagement complet du pipeline par rapport aux conditions de référence dans le secteur local d'étude 175
Tableau 4.4-7 Classification de l'impact résiduel sur les habitats naturels et la biodiversité 175
Tableau 4.5-1 Critères de description des impacts sur les aires protégées 183
Tableau 4.5-2 Effets potentiels et impacts résiduels sur les aires protégées 186
Tableau 4.5-3 Classification des impacts résiduels sur les aires protégées 187
Tableau 5.1-1 Mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives 191
Tableau 5.1-2 Matrice des impacts du pipeline de pulpe 200
Tableau 5.2-1 Types potentiels de sites culturels dans le secteur d'étude utilisé pour les ressources culturelles 203
Tableau 5.2-2 Critères de description des impacts sur les ressources culturelles 206
Tableau 5.2-3 Effets potentiels et impacts résiduels sur les ressources culturelles 207
Tableau 5.2-4 Procédures générales de déplacement des tombeaux 208
Tableau 5.3-1 Zones d'impact sur l'occupation du sol du secteur local d'étude du pipeline de pulpe 212
Tableau 5.5-1 Etude sur les niveaux de trafic de référence 223
Tableau 5.5-2 Nombre de véhicules par jour, pour le pipeline, sur une partie de la RN2 entre Toamasina et Moramanga 225
Tableau 5.5-3 Kilomètres-véhicule par année sur la RN2 226
Tableau 5.5-4 Changements dans le nombre d'accidents survenus entre Moramanga et Toamasina pendant la construction du pipeline 226
Tableau 5.5-5 Nombre de passages (occurrences de bruit) par heure, à la lumière du jour 228
Tableau 6-1 Enjeux potentiels et mesures d'atténuation proposées pour la construction du pipeline de pulpe 232

LISTE DES FIGURES

Figure 1-1 Options de tracés du pipeline de pulpe 2
Figure 1-2 Options de tracés du pipeline de pulpe – secteur de la mine 5
Figure 3.6-1 Précipitations moyennes annuelles estimées le long du tracé du pipeline 56
Figure 4.3-1 Distribution des poissons endémiques dans la région 139
Figure 5.2-1 Vue de la servitude du pipeline et emplacements des sites archéologiques et culturels 204

LISTE DES PHOTOGRAPHIES

Photographie 2-1 Servitude de pipeline caractéristique en cours de construction dans un environnement tropical 11
Photographie 2-2 Lutte contre l'érosion sur une servitude de pipeline dans un environnement tropical 12
Photographie 2-3 Remblayage caractéristique d'un pipeline enfoui dans un environnement tropical 12
Photographie 2-4 Servitude de pipeline réhabilitée caractéristique dans un environnement tropical 13

1 OPTIONS CONSIDEREES

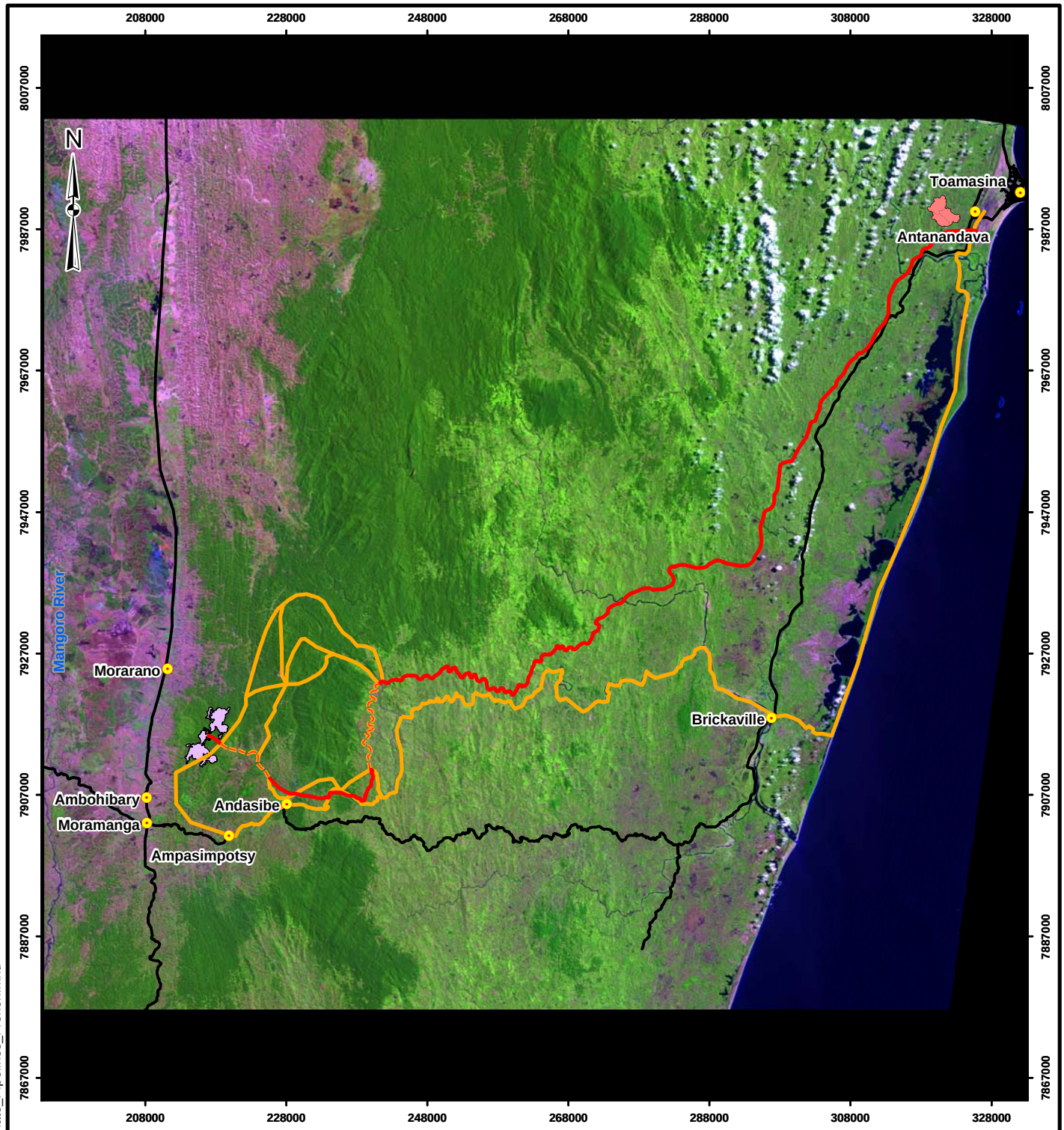
Beaucoup d'attention a été consacrée aux options de tracés pour le pipeline de pulpe, notamment les consultations ciblées concernant le tracé via le corridor forestier Mantadia-Zahamena (volume A, section 6). Cette section décrit la chronologie des analyses qui ont mené au choix du tracé évalué dans la présente étude d'impact environnemental (EIE). L'affinement additionnel du tracé, qui a été mené jusqu'en novembre 2005, est aussi abordé, de même que l'approche qui sera employée pour l'évaluation de toute modification à être décrite dans un addenda à l'EIE (présenté séparément de ce document principal). .

Les études initiales sur le tracé du pipeline reliant le site de la mine et le port de Toamasina ont suivi un tracé longeant d'abord une voie ferrée existante (entre le site de la mine et Brickaville) et de là, se poursuivant jusqu'à l'usine de traitement. Ce tracé a été désigné comme le « tracé ferroviaire ». Des études subséquentes ont identifié une option de tracé plus direct en rase campagne entre le site de la mine et l'usine de traitement. Ce tracé a été désigné comme le « tracé direct ». Par suite du résultat favorable de cette étude, le scénario de référence a été modifié de manière à refléter le tracé direct.

Selon le scénario de référence choisi, le pipeline longera la voie ferrée CIBA (en forêt) du site de la mine jusqu'à proximité de la ville de Perinet (Andasibe) où il tournera vers l'est, contournant le Parc national, avant de se diriger vers le nord jusqu'à la ville de Fitanisirana. A cet endroit, il virera vers l'est, passant au nord de Lanonana et au sud d'Ankarefa, au-delà d'Androsalabo et suivra plus ou moins la route nationale RN2 jusqu'à la station terminale de l'usine de traitement de Toamasina, soit une longueur totale du pipeline d'environ 195 km.

Un pipeline est nécessaire pour transporter le minerai en pulpe de l'usine de préparation du minerai jusqu'à l'usine de traitement sur la côte. Le pipeline aura 55 cm de diamètre et sera enfoui sur la plupart du tracé. La présente section décrit le processus de sélection des options de rechange pour le « tracé ferroviaire » et diverses options de tracés pour la partie occidentale d'un tracé plus direct.

Le tableau 1-1 résume les critères d'ingénierie, les critères sociaux, environnementaux et de coût des options de tracé du pipeline, de même que les conclusions de cette comparaison , alors que la figure 1-1 esquisse les options de rechange du tracé.



LÉGENDE

- AGGLOMERATION
- GISEMENT DE MINERAI (SITE DE LA MINE)
- INSTALLATIONS POUR LES RESIDUS MINIERS
- ROUTE
- TRACE DU PIPELINE PROPOSE
- TRACE DE RECHANGE DU PIPELINE
- SUPERPOSITION DES TRACÉS PROPOSÉ ET ALTERNATIF

20 0 20

ÉCHELLE 1:775 000 KILOMÈTRES

RÉFÉRENCE

Image mosaïque Landsat 7; prise en avril/sept. 2001
Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

PROJET

PROJET AMBATOVY

TITRE

TRACES OPTIONNELS DU PIPELINE DE MINERAI EN PULPE

Golder Associates
Calgary, Alberta

PROJET No. 03-1322-172			ÉCHELLE TELLE QUE MONTRÉE	REV. 0
DESSINÉ	GJ	29 juin 2004	**FIGURE: 1-1**	
SIG	TN	21 nov. 2005		
VERIF.	GJ	06 fév. 2006		
REV.	DM	06 fév. 2006		

I:/2003/03-1322/03-1322-172/mxd/General/Fig1-1_Alternate_Pipelines_French.mxd

Tableau 1-1 Comparaison des options de tracés du pipeline de pulpe

Tracé	Description du tracé	Ingénierie/ constructibilité[(a)]	Enjeux sociaux[(a)]	Enjeux environnementaux[(a)]	Coût approximatif[(a)]	Conclusions
A	tracé ferroviaire de référence	difficile à cause de l'interférence avec les opérations du chemin de fer et les sols d'assiette des rails (*).	perturbation majeure dans les villages le long de la voie ferrée (*)	faible impact à cause de l'utilisation d'un corridor existant (****)	à cause des problèmes techniques, c'est l'option la plus coûteuse (*)	problématique aux plans de l'ingénierie, social et de coût; positif par rapport au milieu naturel (7*)
B-1	tracé direct nord dans le Parc national de Mantadia	terrain difficile mais faisable (**)	impact très faible (****)	évite Torotorofotsy, mais la traversée du Parc national élimine ce tracé (X)	coût moindre (****)	faisable mais rejeté à cause des enjeux du Parc national (X)
B-2	= B-1, premier segment Torotorofotsy	terrain difficile mais faisable (**)	impact très faible (****)	moins d'impact sur la forêt que B-1, mais la traversée du Parc national élimine ce tracé (X)	coût moindre (****)	faisable mais rejeté à cause des enjeux du Parc national (X)
C-1	tracé nord évitant le Parc national de Mantadia	terrain difficile mais faisable (**)	impact très faible (****)	passe le long du Parc national à l'intérieur d'un habitat de haute qualité dans le corridor prévu (*)	coût moindre (****)	faisable mais peu probable à cause des enjeux du corridor du Parc (10*)
C-2	= C-1, premier segment Torotorofotsy	terrain difficile mais faisable (**)	impact très faible (****)	le passage le long du Parc national à l'intérieur d'un habitat de haute qualité dans le corridor prévu n'est pas une possible (*)	coût plutôt bas (***)	faisable mais peu probable à cause des enjeux du corridor du Parc (10*)
D-1	tracé nord évitant la zone tampon	terrain difficile mais faisable (**)	impact très faible (****)	le passage le long du Parc national à l'intérieur d'un habitat de haute qualité dans le corridor prévu, n'est pas possible (*)	coût passablement bas (***)	faisable mais peu probable à cause des enjeux du corridor du Parc (10*)
D-2	= D-1, premier segment Torotorofotsy	terrain difficile mais faisable (**)	impact très faible (****)	le passage le long du Parc national à l'intérieur d'un habitat de haute qualité dans le corridor prévu, n'est pas possible (*)	coût passablement bas (***)	faisable mais peu probable à cause des enjeux du corridor du Parc (10*)
E-1	tracé sud, corridor ferroviaire	Interférence moyenne avec les opérations de la voie ferrée et les sols d'assiette des rails (**).	perturbations à Andasibe, Sandranady, Faunovana, Ambatovola (**)	évite les nouveaux impacts dans le plus important corridor forestier (***)	coût passablement élevé (**)	coût élevé, difficultés d'ingénierie et perturbations sociales rendent cette option plutôt défavorable (9*)
E-2	= E-1, évitant le chemin de fer (« tracé privé »)	terrain difficile mais faisable (**)	impact très faible (****)	impacts moyens à Torotorofotsy et nouveau corridor au sud du Parc national (**)	coût passablement bas (***)	effets environnementaux moyens, effets sociaux faibles; évite complètement le corridor ferroviaire (12*)
E-3	hybride E-1 et E-2 suit la voie ferrée sur 5-10 km jusqu'à Fanovana.	5-10 km d'interférence avec les opérations de la voie ferrée et les sols d'assiette des rails (***).	perturbations à Andasibe, Sandranady (***)	évite les nouveaux impacts dans le plus important corridor forestier (***)	coût passablement élevé (**)	limite l'impact sur le chemin de fer à un court corridor, réduisant l'impact environnemental à un segment critique de 5 à 10 km (11*)
F	Tracé sud évitant Torotorofotsy (empruntant RN 2)	bon sur la majorité du tracé (****)	de nombreux résidents le long du tracé, impact prévu élevé (*)	évite à la fois Torotorofotsy et nouvel impact au plus important corridor forestier (****)	coût proche de l'option la plus coûteuse (*)	coût élevé mais option raisonnable aux autres points de vue au vu des faibles impacts environnementaux et sociaux (10*)

[(a)] Système de classement : X: option écartée; *: pire option relative à sa catégorie, **: option sous la moyenne, ***: au-dessus de la moyenne, ****: meilleure option disponible.

1.1 PROPOSITION INITIALE

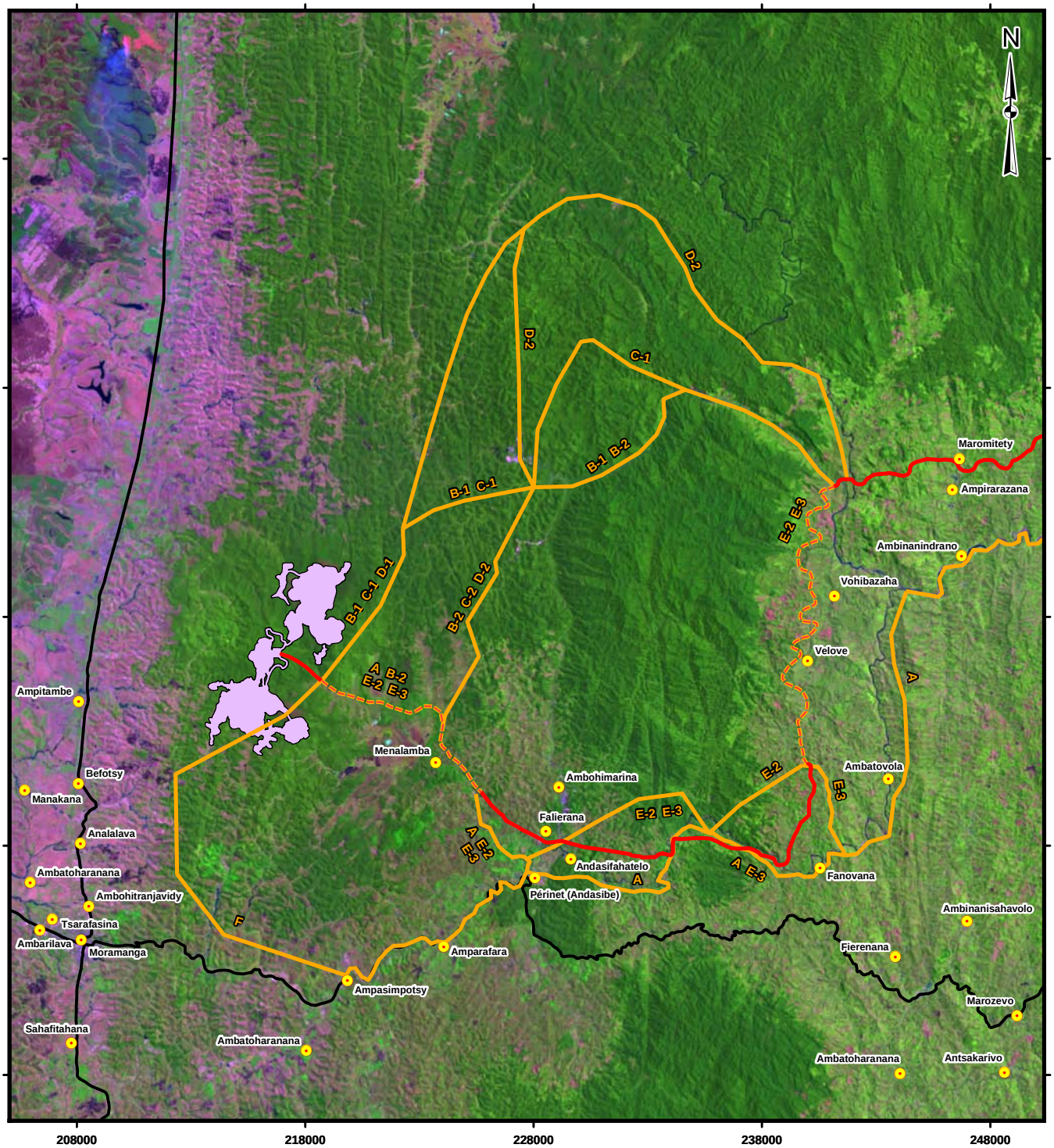
Le tracé ferroviaire (Tracé A) fut initialement considéré par les promoteurs à cause de l'avantage à utiliser une emprise existante déjà dégagée. Le principal avantage de ce tracé était la quantité relativement restreinte de nouveau défrichement (empreinte au sol) qui serait requise et, donc, un impact environnemental relativement faible. Le tracé devait s'étendre du site de la mine d'Ambatovy à Andasibe, d'Andasibe à la station Ambila-Leimatso sur la côte est le long de la principale ligne de chemin de fer, puis de la station Ambila-Leimatso vers l'usine de traitement de Toamasina en suivant la voie ferrée sur la côte est (figure 1-1). Ce tracé fut considéré comme option privilégiée lors des premières étapes du projet (début de 2004).

Une étude générale du tracé fut entreprise par une équipe composée d'experts de *Murray & Roberts – Engineering Solutions* et de *Geopractica Consulting Geotechnical Engineers* qui a esquissé les détails techniques du procédé de construction. Des études sociologiques ont également été effectuées le long du tracé. Par suite de ces évaluations, les problèmes de construction (dommages possibles à l'assiette des voies ferrées) ont été précisés. Les études réalisées jusqu'à maintenant ont confirmé que ces enjeux rendent cette option à la fois difficile au plan technique et coûteuse (tableau 1-1).

1.2 OPTIONS POUR LA SECTION OUEST

En mars, 2004, deux versions d'un tracé direct furent proposées pour le pipeline. A l'extrémité ouest, dans une première version, le tracé se dirigeait d'abord vers le nord-est à partir de la mine et traversait l'extrémité nord du Parc national de Mantadia en intégrant des options légèrement différentes pour contourner le marais de Torotorofotsy (B-1 et B-2), alors que dans l'autre version, le tracé faisait une boucle vers le sud-est le long du tracé de la voie ferrée (E-1) (figure 1-2). Ces deux tracés prévus se rejoignaient près de Vohibazaha pour se diriger en ligne presque droite en direction nord-est vers le site de l'usine de Toamasina. Bien que ces tracés soient moins coûteux au plan de l'ingénierie (courts et sans la nécessité d'une station de pompage), des préoccupations à l'égard du tracé B sont apparues à cause de l'impact sur les habitats fragiles à proximité du Parc national de Mantadia et à l'intérieur du corridor Mantadia-Zahemena. De plus, l'inquiétude persistait à savoir s'il ne serait pas trop coûteux d'utiliser exclusivement le tracé ferroviaire comme partie du tracé E-1.

Une reconnaissance initiale a été effectuée le 12 mai 2004 afin d'évaluer tous les tracés. L'étude a mis l'accent sur le secteur forestier dans lequel les enjeux environnementaux les plus problématiques se manifestent. D'importants problèmes environnementaux ont été identifiés le long des tracés B, C et D à l'égard de la quantité de forêt primaire qui devrait être traversée. Il a été conclu encore une fois que, dans la perspective environnementale, le tracé ferroviaire serait clairement préférable pour la partie ouest du pipeline.



LÉGENDE

- AGGLOMERATION
- GISEMENT DE MINERAI (SITE DE LA MINE)
- ROUTE
- TRACE DU PIPELINE PROPOSE
- TRACE DE RECHANGE DU PIPELINE
- SUPERPOSITION DES TRACÉS PROPOSÉ ET ALTERNATIF

5 0 5

ÉCHELLE 1:250 000 KILOMÈTRES

PROJET

PROJET AMBATOVY

TITRE

TRACES OPTIONNELS DU PIPELINE DU MINERAI EN PULPE -- SECTEUR DE LA MINE

RÉFÉRENCE

Image mosaïque Landsat 7; prise en avril/sept. 2001
Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

Golder Associates
Calgary, Alberta

PROJET No. 03-1322-172			ÉCHELLE TELLE QUE MONTRÉE	REV. 0
DESSINÉ	GJ	29 juin 2004	**FIGURE: 1-2**	
SIG	TN	21 nov. 2005		
VERIF.	GJ	06 fév. 2006		
REV.	DM	06 fév. 2006		

I:/2003/03-1322/03-1322-172/mxd/General/Fig1-2_Alternate_Pipelines_Minesite_French.mxd

Pour raffiner davantage les options de tracés, une réunion a eu lieu le 3 juin 2004 avec des organismes de conservation non gouvernementaux et des représentants du gouvernement (volume A, section 6). Des options ont été considérées pour divers tracés tant au nord qu'au sud du Parc national de Mantadia. Durant la réunion, il a été convenu que la traversée du parc, ou même le passage du pipeline le long de la limite du parc ou dans une zone tampon au nord du parc, ne serait pas un plan acceptable. Cette décision a été prise parce que, outre le parc même, la rivière Vohitra et d'autres zones d'importance d'un point de vue biologique se trouvent au nord, formant un important corridor biologique. Les tracés C-1, C-2, D-1 et D-2, consistant en diverses combinaisons de traversée de régions au nord du Parc national de Mantadia ou de régions à l'intérieur du marais de Torotorofotsy (toutes à l'intérieur du Site de conservation envisagé), ont donc été écartés à cause de ces enjeux biologiques critiques.

Les résultats des études de référence présentés lors de la réunion du 3 juin ont indiqué que les tracés au nord du Parc national de Mantadia se trouvent, comme prévu, dans un secteur riche d'un point de vue biologique, où se trouvent des peuplements de forêts primaires ou quasi-primitives (bien qu'une exploitation forestière sélective se produise dans ces régions). La topographie a été confirmée comme étant plutôt accidentée. Les conclusions préliminaires antérieures concernant les problèmes des tracés B, C et D ont été confirmées. La topographie semble aussi présenter des difficultés pour les options E au sud du Parc national de Mantadia consistant à s'écarter du tracé de la voie ferrée.

Le corridor actuel maintenant le lien entre les forêts au sud du Parc national de Mantadia et la réserve privée au sud de la rivière Sahatandra semble fonctionnel. Néanmoins, un tracé de pipeline proposé entre le Parc national de Mantadia et la voie ferrée, ou une combinaison de ce tracé avec une partie du tracé ferroviaire, a été généralement perçu comme la meilleure option à tous les égards. En effet, ce tracé minimise les impacts sociaux et peut être construit plus facilement que le tracé ferroviaire complet; en outre, il présente un impact environnemental minimal relativement à la plupart des autres options de rechange.

Au cours de la réunion du 3 juin, il a été conclu que, bien qu'il ne soit pas sans impacts, un tracé au sud du Parc national de Mantadia serait probablement la meilleure option. Trois tracés par le sud semblent se présenter comme options à considérer: le long de la voie ferrée tel que prévu à l'origine (E-1); éviter entièrement la voie ferrée en faisant passer le pipeline sur des terres privées au sud du parc (E-2); ou, tel que suggéré par un participant à la réunion du 3 juin, une combinaison de tracé sur des terres privées (E-3) avec une courte section de 5 à 10 km le long de la voie ferrée au nord de la réserve privée de Vohimana dans la forêt la plus fragile. Une dernière option (F) proposée à la réunion consistait en un tracé évitant Torotorofotsy en suivant une route au sud de la mine et en

poursuivant le long de la RN2 jusqu'à Andasibe où il rejoindrait le tracé ferroviaire. Dans chaque cas, une fois à l'est du corridor protégé proposé, le tracé se dirigerait directement vers la côte le long d'un tracé direct (figure 1-1).

Par la suite, en juin, un rapport d'ingénierie a été préparé, délimitant un tracé faisable (approximativement le long de E-2 et indiqué comme « tracé du pipeline proposé » à la figure 1-2). Ce tracé tient compte de la topographie et peut donc être considéré comme une version plus réaliste du tracé E-2.

Les 7 et 8 juillet 2004, avait lieu près du site de la mine une réunion rassemblant les parties prenantes de Toamasina et d'Antananarivo afin de réexaminer les options de rechange, y compris l'option du tracé d'évitement de Torotorofotsy (F) et les options d'évitement du corridor forestier. Les renseignements techniques et budgétaires du promoteur concernant ce tracé furent présentés, montrant que l'utilisation de cette option pourrait éventuellement compromettre la faisabilité financière du projet en plus d'avoir d'importants impacts sociaux en cours de route. Les parties prenantes ont réitéré que la traversée du marais de Torotorofotsy était jugée peu souhaitable et ont indiqué que, s'il était essentiel de faire passer le pipeline le long de l'embranchement de la voie ferrée traversant le marais, de rigoureuses mesures d'atténuation environnementales et sociales seraient nécessaires durant les phases de conception et de construction. L'élaboration d'un plan de gestion dans le cadre du processus Ramsar pour le système de marais de Torotorofotsy a aussi été abordée.

Durant la visite du site des 7 et 8 juillet, les parties prenantes ont aussi exprimé leur inquiétude que la traversée du corridor de forêt primaire au nord de la voie ferrée parallèle à la rivière Sahatandra aurait un impact et un effet de fragmentation sur la forêt sur une distance d'environ 5 kilomètres. Etant donné le taux de récupération propre à ce genre de forêt après une perturbation telle que la construction d'un pipeline, l'impact serait probablement à long terme. Le groupe présent a exprimé l'avis unanime que le tracé de contournement suivant la voie ferrée le long du côté sud de la rivière sur une distance d'environ 5 kilomètres (tracé E-3) devrait être préféré au tracé longeant le versant nord forestier de la vallée (tracé E-2).

1.3 OPTIONS POUR LA SECTION EST

La section est du tracé direct offre diverses options d'évitement d'habitats localement importants, de zones d'importance sociale et d'emplacements peu propices au franchissement des cours d'eau et rivières. Cette section du pipeline est moins sujette aux enjeux critiques et problématiques que la section ouest (tant au plan social qu'environnemental). Des relevés par hélicoptère ont été effectués

pour les tracés possibles à l'est; le tracé ayant fait l'objet d'une évaluation est indiqué comme le « tracé proposé » à la figure 1-1. Les enjeux concernant la section est du tracé direct concernent les effets sociaux (passages à proximité de villages et dans des zones agricoles), les effets environnementaux dans certaines régions et le franchissement de cours d'eau.

Au cours de la seconde moitié de l'année 2005, les promoteurs mirent à exécution une planification plus technique pour le pipeline de pulpe, notamment en considérant les nouveaux résultats de l'EIE. Il est devenu clair que la section du tracé modifié, se dirigeant vers le nord depuis les environs de Fanovana et longeant la bordure est du Parc national de Mantadia, était problématique en raison de considérations de constructibilité et des préoccupations en matière d'environnement. Le terrain dans la zone est particulièrement accidenté et le tracé empiète sur une zone tampon près du parc. L'ensemble des vallées et des rivières principales ne permet pas au tracé d'être éloigné un peu vers l'est de la bordure du parc, comme recommandé par l'équipe de l'EIE. La construction d'un nouvel accès à cette zone pourrait avoir de sérieux impacts sur l'intégrité du parc.

L'équipe d'ingénierie a donc soumis un tracé révisé à partir des environs de Fanovana qui de dirigerait vers l'est et traverserait un terrain moins accidenté avant de dévier au nord-est vers Toamasina. On estime que ce tracé possède une constructibilité importante et présente des avantages importants du point de vue environnemental. Cependant, comme il n'a pas été évalué dans l'EIE, un addenda sera élaboré. L'addenda couvrira l'ensemble du tracé du pipeline, incluant la nouvelle section à l'est, plus toutes les routes d'accès, les bases vie de chantier et les aires de travail.

1.4 CONCLUSIONS

La chronologie du processus de prise de décision et le tableau d'évaluation présentés dans cette section intègrent les résultats d'efforts importants, y compris les études sur le terrain, les assemblées de consultation et l'analyse des options selon les perspectives sociales, environnementales et d'ingénierie; s'appuyant sur cette chronologie et ce tableau, les conclusions au sujet de la section ouest du pipeline sont les suivantes:

- Un tracé au sud du Parc national de Mandadia est préférable.
- Les tracés E-2 et E-3 ont été préférés. Le tracé E-2 est le tracé au sud du Parc National qui évite la voie ferrée.

- Le tracé E-2 est considéré le tracé optimal sur la majorité de sa longueur. E-3 était aussi désirable, cependant en raison de la difficulté à construire le long de la voie ferrée, il n'a pas été retenu.

- Le tracé retenu comme « le tracé du pipeline proposé » (figures 1-1 et 1-2) est un compromis entre E-2 et E-3 qui évite les milieux forestiers sensibles au nord de la rivière Sahatandra à l'intérieur du corridor Mantadia-Zahamena, et évite la majeure partie de la voie ferrée.

- Le tracé F n'est pas recommandé à cause, notamment, des impacts sociaux potentiels et des coûts économiques. Par conséquent, un pipeline suivant l'embranchement ferroviaire passant dans la zone de Torotorofotsy a été sélectionné comme le plus viable. Le pipeline, pour être construit, nécessitera des mesures d'atténuation supplémentaires en conformité avec le statut de site Ramsar en instance pour la région.

De légères modifications seront apportées à la section ouest du « tracé du pipeline proposé » (figure 1-2) suite aux études d'ingénierie de cette EIE et à des consultations plus poussées auprès des parties prenantes.

Les conclusions pour la section est du pipeline sont les suivantes:

- Un tracé direct est préférable pour des raisons d'impact social.
- Le tracé passe principalement par des régions de cultures sur brûlis et agricoles. Pour éviter les impacts sociaux et environnementaux, le tracé contournera les enclaves de terres qui sont précieuses ou sensibles pour des raisons environnementales ou sociales.
- Aux fins de l'ingénierie, le pipeline évitera, dans la mesure du possible, les terres d'altitude élevée et les emplacements où le franchissement des cours d'eau est problématique.
- Une importante modification du tracé est recommandée à l'est en raison de préoccupations techniques et environnementales. Le pipeline de pulpe sera donc le sujet d'un amendement à l'EIE.

Dans l'ensemble, le tracé préféré est un compromis entre les coûts constructibilité/ingénierie et les coûts sociaux/environnementaux. En plus de l'importante modification du tracé à l'est, différents affinements du tracé interviendront afin de minimiser les impacts sociaux et environnementaux au même titre que ceux détaillés ailleurs dans ce volume.

2 DESCRIPTION DU PROJET

Le pipeline de pulpe sera raccordé à la sortie de l'usine de préparation du minerai en pulpe située au site de la mine, et la reliera à l'usine de traitement à Toamasina.

Le pipeline est conçu de manière à transporter jusqu'à 826 tonnes métriques sèches/heure de minerai de latérite riche en nickel. La conception repose sur une densité de solides de 35-40 %. Le débit maximum de conception est de 1753 m^3/h; le pipeline sera utilisé approximativement 350 jours par année, 24 heures par jour durant 27 ans.

Le pipeline sera enfoui et mesurera environ 195 km de long. Le matériau de construction est l'acier, il aura un diamètre extérieur de 550 mm et une épaisseur de parois de 9,5 mm. Le pipeline sera doté d'une protection cathodique. Une plus grande épaisseur de paroi sera prévue aux points de franchissement des cours d'eaux et rivières comme facteur de sécurité supplémentaire.

Les photographies 2-1 à 2-4 montrent les étapes caractéristiques de construction et de réhabilitation lors de l'installation d'un pipeline.

2.1 CONSTRUCTION

Le pipeline sera enfoui sur toute sa longueur, sauf à deux franchissements de rivière (KP68,6 et 70,3) et de plusieurs cours d'eau plus petits se trouvant dans des vallées étroites et profondes. Tel qu'évalué, le pipeline nécessiterait environ 100 franchissements de cours d'eau. La majorité de ces franchissements sera enfouie et impliquera l'excavation à travers le cours d'eau, la pose du tuyau et le remblayage de la tranchée. Là où cela est possible, l'eau sera détournée vers un côté du cours d'eau afin de dégager un espace de travail relativement sec du côté opposé. Des forages dirigés sub-superficiels pourraient être nécessaires pour quelques franchissements afin d'éviter de perturber certains cours d'eau.

Le tracé a été divisé en deux sections, est et ouest, pour fins de contrôle et de logistique lors de la construction. La section ouest est considérablement plus complexe et coûteuse que la section est.

La section ouest ira du site de la mine jusqu'à la rive sud de la rivière Rianila au point kilométrique (PK) 107. L'accès est une préoccupation majeure puisqu'il n'y a que cinq points d'accès à cette zone au relief très difficile et montagneux. Le nivellement de la servitude, les nouvelles routes d'accès et les améliorations,

les bases vie, les zones d'entreposage des tuyaux et le transport de certains tuyaux seront effectués durant une première saison sèche. Les activités de pose des tuyaux seront effectuées durant une seconde saison sèche.

Dans cette section, du PK 6 au PK 14,5, un tronçon d'environ 8,5 km de voie ferrée en forêt contournant le marais de Torotorofotsy par le nord sera enlevé et le pipeline sera installé. Une fois le travail terminé, la voie ferrée sera rétablie. Une autre section, du PK 21 au PK 35, sera construite sur une bande étroite afin de limiter l'effet de déboisement.

Photographie 2-1 Servitude de pipeline caractéristique en cours de construction dans un environnement tropical

Photographie 2-2 Lutte contre l'érosion sur une servitude de pipeline dans un environnement tropical

Photographie 2-3 Remblayage caractéristique d'un pipeline enfoui dans un environnement tropical

Photographie 2-4 Servitude de pipeline réhabilitée caractéristique dans un environnement tropical

La section est, qui va du PK 107 jusqu'au site de l'usine de traitement, cause moins d'inquiétudes parce qu'elle compte 10 points d'accès. Les améliorations aux voies d'accès, les bases vie et les zones d'entreposage des tuyaux seront aménagés durant une première saison sèche. Les autres activités seront complétées au cours d'une deuxième saison sèche.

Les tuyaux seront expédiés à Toamasina selon des chargements d'environ 10 000 tonnes. Ils seront déchargés des navires et transportés par camion vers des zones de stockage spécialisées adjacentes au site de l'usine de traitement. La livraison depuis ces zones de stockage centrales vers les zones de pose le long du pipeline se fera par camion ou par chemin de fer.

2.1.1 Etudes du tracé

Bien que plusieurs études sur le terrain aient été effectuées au sein de cette évaluation environnementale, une équipe de travail d'étude environnementale et sociale travaillera conjointement avec une équipe d'ingénieurs avant la construction du pipeline afin d'effectuer la mise au point finale du tracé permettant d'en minimiser les impacts.

Les études supplémentaires suivantes seront entreprises durant la phase de conception finale du projet:

- relevé détaillé du tracé choisi du pipeline et jalonnement de l'axe central du pipeline – ce qui peut s'avérer logistiquement difficile à cause des contraintes d'accès et pourra donc être complété par des relevés aériens et par jalonnement avec un système de positionnement global (GPS)
- études géotechniques du tracé du pipeline et des sites prévus des stations
- études hydrologiques afin d'identifier les débits de pointe dans les rivières – de manière à assurer que le pipeline est enfoui sous la profondeur d'affouillement potentielle
- études environnementales permettant de s'assurer que le tracé final minimisera les impacts:
  - campagnes d'évaluation écologique
  - études culturelles
  - enquêtes auprès des propriétaires fonciers
  - négociations de permis

Chaque activité peut imposer des exigences de conception locales ou générales relativement aux installations du pipeline. Ces exigences seront mises en œuvre durant la phase d'ingénierie détaillée du projet et seront incorporées dans les devis de construction qui seront alors produits.

2.2 SYSTEME DE CONTROLE

Toutes les données de surveillance pertinentes seront disponibles aux salles de contrôle du site de la mine et du site de l'usine de traitement. Le contrôle sera effectué seulement depuis la salle de contrôle au site de la mine ou localement à la station de pompage. Un opérateur dans la salle de contrôle du site de la mine assurera le contrôle normal du pipeline – il s'agit en général d'une responsabilité partagée comprenant d'autres fonctions. Cet opérateur a la capacité d'exécuter toutes les opérations normales du système et la plupart des procédures d'urgence à partir du pupitre de la salle de contrôle.

Un opérateur sera en service en tout temps dans la salle de contrôle lorsque le pipeline sera en opération. Le système de contrôle surveille tous les points critiques du pipeline, permettant des ajustements manuels des consignes de contrôle. Normalement, la station de vannes et les stations terminales ne sont pas dotées en personnel. Une présence humaine sur place ne sera requise que pour l'exécution des tâches d'entretien, des réparations courantes et pour l'étalonnage.

Les systèmes connexes comprenant le système d'acquisition et de contrôle des données (SCADA), les télécommunications, la source d'énergie des installations éloignées et la protection cathodique seront situés dans l'édifice de la salle de contrôle. Le système de contrôle sera automatique en régime permanent, l'intervention de l'opérateur n'étant requise que durant les perturbations du processus. La surveillance comprendra des mesures du débit, de la pression, de la densité et de la température à divers points le long du pipeline. Un système « expert » est intégré au système SCADA afin de fournir des avis à l'opérateur. Les arrêts de système automatiques ne se produiront qu'après un délai accordé à l'opérateur du pipeline pour corriger une situation potentiellement dangereuse.

Une station de vannes intermédiaires, ainsi que deux stations de surveillance de la pression et une station terminale à l'usine de traitement de Toamasina seront également mises en place et asservies à la salle de contrôle.

Le pipeline sera surveillé par un système de détection des fuites. Ce système analyse les données d'opération du système SCADA. Au cours de la conception détaillée, les installations hydrauliques du pipeline seront optimisées au moyen d'un programme informatique de simulation qui modélise le fonctionnement du pipeline en conditions variables. Ce programme sera incorporé au système de contrôle du pipeline durant la construction. Ce dispositif a été utilisé sur plusieurs longs pipelines de construction récente et est maintenant adapté sur des systèmes existants. Les avantages des systèmes de contrôle fondés sur la simulation comprennent la réduction du coût d'immobilisation par l'optimisation des exigences d'épaisseur de paroi du pipeline et du nombre de vannes de la station d'étranglement, la réduction des risques de blocage du pipeline et une opération plus efficace.

Le système de simulation incorporera également une installation de détection des fuites qui détecte la présence et la position de fuites dans le pipeline.

2.3 SYSTEME DE SECURITE

Le pipeline ne contient qu'un produit liquide/solide ininflammable et ne présente aucun risque d'explosion. La pulpe haute pression est un liquide non compressible qui peut cependant être très abrasif si une fuite se produit. Les opérateurs recevront des instructions sur l'opération sécuritaire du pipeline de pulpe à haute pression.

Des techniques de conception et des facteurs de sécurité supplémentaires seront appliqués à tous les points clés (par ex., parois de tuyau en acier plus épais aux

franchissements de rivières et dans les zones plus fragiles du point de vue environnemental).

En principe, un système de surveillance de pipeline exige au moins une station d'amplification de signal tous les 50 km afin d'assurer la régénération de signal de la fibre optique et de la protection cathodique en plus de fournir des renseignements sur la pression du pipeline. Ces installations seront implantées avec la station de surveillance de la pression selon le besoin.

Des piles solaires autonomes avec pile de secours fourniront l'alimentation aux stations de surveillance de la pression (SSP). Les piles seront dimensionnées de manière à fournir l'alimentation aux instruments de la station, aux éléments du système SCADA, au système de télécommunications, au système de protection cathodique et à l'éclairage de la zone de service.

Le transmetteur de pression installé dans un emplacement éloigné (SSP intermédiaire) sera doté d'un terminal de commande à distance (appelé « Remote Terminal Unit » – RTU) et d'une alimentation solaire ou thermique. La communication entre l'emplacement SSP intermédiaire et la station de pompage sera assurée par câble à fibre optique qui desservira le système SCADA entre les deux extrémités du pipeline. Par mesure de redondance, la liaison radio se fera vers les deux extrémités du pipeline. Essentiellement, le système de détection de fuite est considéré comme étant un des modules du système SCADA.

2.4 SYSTEME DE DETECTION DE FUITE

Tel que mentionné ci-dessus, un système de détection de fuite sera fourni pour le pipeline. Ce système a pour objectif de détecter les fuites du système, d'en prévoir l'emplacement et d'émettre des avertissements aux opérateurs. La cible de révision du système se trouve entre 3 et 5% du débit spécifié dans l'enveloppe de la zone d'opération. La détection est prévue dans les 2 à 10 minutes suivant l'événement et ce, selon la taille et l'emplacement de la fuite.

La détection de fuite implique une comparaison des débits, pressions et densités le long du pipeline en fonction du régime de débit courant dans la ligne et de la position des vannes du pipeline. Une fuite pourrait être identifiée à partir d'un dépassement d'un ou l'autre de ces paramètres par rapport aux normes établies.

Le système de détection de fuite est basé sur deux méthodes, le bilan de masse et la surveillance du paramètre caractéristique de section (PCS). Le PCS le moins biaisé est défini comme étant $Q^2/(dh/dL)$, où Q représente le débit local et (dh/dL) représente le gradient hydraulique (perte de charge) dans la section de

suivi. À elle seule, la méthode du BM produirait des fausses alarmes lorsque le pipeline est en régime transitoire.

La surveillance en temps réel des données fournit au personnel d'opération du pipeline un accès instantané aux renseignements sur le déroulement du processus. Cet accès aux renseignements permet une opération plus sécuritaire et un meilleur entretien du pipeline. Si une fuite est indiquée par le système, le pipeline sera arrêté et une équipe d'inspection sera dépêchée.

2.5 PROTECTION DU PIPELINE CONTRE LA SURPRESSION

Un dispositif de neutralisation de la pression de décharge sera toujours en service durant les opérations de pompage afin que les conditions d'opération dangereuses soient neutralisées promptement. Des limites de densité supérieure et inférieure seront établies lors de la mise en service. Des réglages au taux d'alimentation du concentré, assurant un fonctionnement permanent du concentrateur et minimisant les arrêts du pipeline, doivent être effectués.

Le pipeline et l'équipement seront protégés contre la surpression par plusieurs niveaux de protection, soit :

- la mise en œuvre de procédures d'opération éprouvées
- l'utilisation du logiciel du système SCADA
- l'utilisation de verrouillages électriques (physiques ou par boucles de contrôle)
- dispositifs mécaniques de réduction de pression

Les dispositifs de relâchement de pression seront situés à la pompe d'évacuation de la conduite principale, laquelle se trouvera en amont de la station de vanne et en amont des vannes terminales. Les dispositifs de relâchement de la station de pompage dirigent leur écoulement vers les réservoirs de stockage. Les dispositifs de relâchement de la station terminale dirigent leur écoulement vers les réservoirs de décantation au site de l'usine de traitement.

2.6 AUTRES PIPELINES SEMBLABLES

Les deux caractéristiques particulières qui distinguent le pipeline de minerai en pulpe proposé pour Ambatovy de la plupart des autres pipelines de minerai sont un tonnage relativement élevé et le fait que des stations de pompage de ligne

principale ne sont pas requises malgré le tracé relativement long du pipeline. Le pipeline qui offre la comparaison la plus utile est le pipeline de minerai de cuivre *Los Bronces* exploité par *Anglo American Chile*. Le diamètre du pipeline varie de 600 mm à 500 mm et est semblable à celui proposé pour le pipeline d'Ambatovy. Un tonnage nettement plus élevé de 58 000 t/j est transporté sur une distance de 58 km avec charge statique d'environ 2700 m sans pompes sur la ligne principale. Quatre stations d'étranglement sont requises pour dissiper la charge statique.

Le système est en opération depuis 1992 et les sections de diamètre de 500 mm sont actuellement remplacées par des sections de 600 mm afin d'augmenter le débit et de remplacer les sections usées du pipeline.

En termes de diamètre et de longueur, le pipeline de minerai de fer Samarco du Brésil, de 500 mm de diamètre et 396 km de longueur, offre certains points de comparaison. Ce pipeline a un débit d'environ 30 000 t/j; il comprend deux stations de pompage haute pression, une station combinée d'étranglement et d'isolement et une station de vanne d'isolement. Ce système de pipeline est en opération depuis 1977 avec durée minimale d'immobilisation de la production attribuable à l'entretien non planifié des pompes ou du pipeline.

Le tableau 2-1 présente un résumé des données additionnelles pour d'autres projets de pipelines. Comme base de comparaison, le pipeline Ambatovy transportant la pulpe de minerai de nickel aura une longueur d'environ 195 km, un diamètre de 550 mm et une capacité de 7,2M t.m./année. Il est prevu qu'il soit en opèration pendant 27 ans.

Tableau 2-1 Autres pipelines semblables

Pipeline	Minerai	Longueur (km)	Diamètre tuyau (mm)	Capacité (t.m./année)	Années d'opération
SF Phosphate, Utah	Phosphate	92	250	2,9	20
Simplot, Idaho	Phosphate	133	200	1,9	22
Kennecott, Utah	résidus de cuivre	20	700/500[(a)]	35,2	16
Chino Mines, Nouveau-Mexique	résidus de cuivre	14,4	400[(a)]	14	22
Century Zinc, Australie	concentrés de plomb et zinc	300	300[(a)]	2,6	5
Antamina, Pérou	concentrés de plomb et zinc	303	250/225/200[(a)]	1,8	3

[(a)] Remarque: pipeline à revêtement interne en acier

3.1 TOPOGRAPHIE ET GEOMORPHOLOGIE

3.1.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets du pipeline de pulpe sur la topographie et la géomorphologie, incluant les caractéristiques topographiques particulières, selon les termes de référence du Projet Ambatovy (le projet).

3.1.2 Secteur d'étude

En ce qui concerne la topographie et la géomorphologie, le secteur local d'étude du pipeline de pulpe est le même que le secteur général du pipeline de pulpe présenté à la figure 7.2-2 du volume A. Ce secteur comprend les secteurs à 500 m ou moins du tracé proposé pour le pipeline.

3.1.3 Résumé de l'étude de référence

Le pipeline de pulpe part des terres d'altitude moyenne près de Moramanga, traverse le complexe de marais de Torotorofotsy, passe à travers une série de bassins versants aux vallées abruptes caractérisées par des affleurements de granite et poursuit sa route dans une topographie à relief décroissant jusqu'à atteindre les structures planes de dunes côtières de la côte est de Madagascar.

La géomorphologie du système de marais de Torotorofotsy est caractérisée par des collines ondulantes et des vallées remplies d'alluvions. La topographie des terres d'altitude moyenne près de Moramanga comprend des vallées à formations irrégulières dont les pentes abruptes atteignent un maximum typique de 45 degrés. La topographie de la côte orientale est relativement plane et comporte une couche de sable en surface.

Selon une analyse qualitative du paysage, le secteur d'étude du pipeline de pulpe contient un élément topographique particulier: le marais de Torotorofotsy, qui constitue le marais le plus vaste et le moins perturbé de l'est de Madagascar (site Web de BirdLife International 2003).

La section 1.1 du volume I contient plus de détails sur les conditions de référence.

3.1.4 Portée des enjeux

Les principaux enjeux potentiels concernant la topographie et la géomorphologie sont:

- la suppression et la perturbation initiales d'éléments topographiques uniques ou significatifs pour des raisons sociales ou biologiques
- des changements dans le paysage et à la pente géomorphologique sous-jacente qui pourraient représenter des enjeux importants à long terme pour la population ou pour l'environnement

Selon l'importance des corrections des pentes du terrain au moment de la réhabilitation, les changements locaux de topographie pourraient avoir des implications pour l'hydrologie, l'hydrogéologie, les effets visuels, les conditions de croissance de la flore, l'habitat de la faune, l'habitat aquatique et les plans de fermeture.

La question-clé concernant la topographie et la géomorphologie est:

Question-clé TG-1 Quel sera l'effet du pipeline de pulpe sur la topographie et la géomorphologie?

Les liens d'impact potentiel associés aux impacts sur la topographie et la géomorphologie sont présentés dans la figure à l'annexe 9 du volume H. Durant les phases de construction et d'opération, des éléments topographiques et géomorphologiques du paysage seront perturbés. Les pentes et la topographie seront altérées durant les phases de construction, d'opération et de fermeture.

3.1.5 Evaluation des impacts

3.1.5.1 Méthodes d'évaluation

La topographie existante a été étudiée au moyen de cartes topographiques et de la documentation. Le caractère unique des éléments topographiques a été évalué en comparant les éléments qui seraient affectés par le projet à d'autres éléments dans le secteur local d'étude. Les caractéristiques topographiques d'avant-projet ont été comparées de façon générale à la topographie modifiée typiquement requise pour la construction d'un pipeline.

3.1.5.2 Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation utilisés pour la topographie et la géomorphologie sont présentés au tableau 3.1-1.

Tableau 3.1-1 Critères de description des impacts sur la topographie et la géomorphologie

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
neutre: aucun changement topographique **négative:** un changement topographique qui affectera les fonctions des services biologiques ou aux humains	**négligeable:** aucun effet mesurable sur les pentes et les éléments topographiques du paysage **faible:** légers changements aux pentes ou à la topographie générale **moyenne:** changements locaux importants aux pentes ou à la topographie générale **forte:** changements régionaux importants aux pentes ou à la topographie générale	**locale:** effet restreint au secteur local d'étude **régionale:** effet s'étendant au-delà du secteur local d'étude	**court terme:** <3 ans **moyen terme:** 3 à 30 ans **long terme:** >30 ans	réversible ou irréversible	**faible:** se produit une seule fois **moyenne:** se produit par intermittence **élevée:** se produit en continu

3.1.5.3 Mesures d'atténuation

Au cours de la construction, de l'opération et de la fermeture, des mesures de lutte contre l'érosion, telles que décrites à la section 6 du volume C, seront mises en œuvre afin de minimiser le ravinement et l'enlèvement de matériel de surface par l'eau ou le vent.

Au cours de la construction, de l'opération et du début de la phase de fermeture, les systèmes de gestion de l'eau capteront les écoulements le long de la base des éléments perturbés et atténueront l'envasement des bassins en aval. Ces mesures seront d'autant plus importantes qu'elles atténueront les effets sur les vallées en aval, lesquelles produisent du riz et servent à d'autres utilisations.

Au cours des phases d'opération et de fermeture, la réhabilitation sera déjà enclenchée. La revégétalisation réduira l'érosion du matériel en surface et aidera à maintenir les pentes et les autres éléments topographiques. Les pentes seront

corrigées afin d'assurer une stabilité à long terme. La morphologie du terrain à la fermeture sera conçue en vue d'une continuité de la morphologie du terrain et des bassins versants entre les terrains non perturbés et les secteurs réhabilités.

3.1.5.4 Résultats

Tout le long du tracé du pipeline, des modifications topographiques à petite échelle seront nécessaires pour accommoder une servitude plane pour le pipeline; la largeur de la servitude variera entre 25 et 100 m. Les secteurs à pentes plus abruptes exigeront de plus grandes modifications topographiques pour créer des servitudes planes, adéquates pour le pipeline. Les talus de déblais devraient créer diverses modifications du paysage, visibles localement, le long du pipeline, étant donné la prévalence de pentes locales abruptes sur la plus grande partie du tracé. Pratiquement tous les impacts auront lieu lors de la construction, incluant le pipeline lui-même et l'aménagement de routes d'accès au pipeline et le long de ce dernier.

3.1.5.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Les effets résiduels de chaque étape du projet, après l'application de mesures d'atténuation, sont résumés dans le tableau 3.1-2.

Tableau 3.1-2 Effets potentiels et impacts résiduels sur la topographie et la géomorphologie

Etape du projet	Effets potentiels	Atténuation	Impacts résiduels
construction	enlèvement et perturbation d'éléments topographiques significatifs, lesquels sont importants pour des raisons sociales ou biologiques (marais de Torotorofotsy)	lutte contre l'érosion gestion de l'eau ingénierie de la stabilité des pentes réhabilitation progressive	intensité faible / modification à long terme de la servitude et des routes d'accès
opération	changements au paysage et aux pentes qui pourraient représenter des préoccupations à long terme pour les parties prenantes et la biodiversité	lutte contre l'érosion gestion de l'eau ingénierie de la stabilité des pentes réhabilitation progressive	intensité faible / modification à long terme de la servitude et des routes d'accès
fermeture	s/o	s/o	s/o

s/o sans objet

La topographie actuelle du secteur local d'étude est montagneuse avec des pentes relativement abruptes sauf à l'extrémité est du corridor du pipeline de pulpe, lequel s'étend en un terrain plat dans les secteurs côtiers. Les régions affectées par les changements topographiques en raison du pipeline de pulpe sont principalement les vallées à pentes abruptes.

La section du pipeline traversant le marais de Torotorofotsy passera sur un terrain plat, dans un corridor existant, déjà perturbé. Les impacts à la topographie ne devraient donc pas avoir d'implications négatives pour cet élément topographique particulier grâce à la mise en place de mesures d'atténuation réussies pour empêcher l'érosion dans le marais lui-même.

Le pipeline de pulpe et les corridors d'accès qui lui sont associés auront un impact direct, mais localisé, sur le paysage. Les impacts seront généralement de longue durée étant donné que le terrain ne sera pas remis dans son état original au moment de la fermeture. L'intensité des changements est considérée faible au cours de la construction et de l'opération étant donné que le pipeline n'affecte qu'un corridor étroit et les routes linéaires d'accès associées; des mesures d'atténuation sont prévues. L'intensité faible de l'impact présume de la mise en place réussie de mesures de lutte contre l'érosion, étant donné que l'érosion le long des pentes abruptes pourrait engendrer des impacts à plus grande échelle sur les vallées et les bassins versants.

Pour chaque phase du projet, une classification des impacts résiduels sur la topographie et la géomorphologie est présentée au tableau 3.1-3.

Tableau 3.1-3 Classification des impacts résiduels sur la topographie et la géomorphologie

Phase	Direction	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Question-clé TG-1	**Quel sera l'effet du pipeline de pulpe sur la topographie et la géomorphologie?**						
construction	négative	faible	locale	long terme	non	continue	faible
opération	négative	faible	locale	long terme	non	continue	faible

Niveau de confiance des prévisions

L'état de référence pour la topographie dans le secteur local d'étude est bien compris. Toutefois, la morphologie du paysage après la construction n'est pas

encore certaine. La classification des impacts est fonction du succès des mesures d'atténuation proposées, incluant les mesures de lutte contre l'érosion et l'ingénierie de la stabilité des pentes. De manière générale, le niveau de confiance des prévisions pour la présente évaluation est considéré moyen.

Surveillance

Aucune surveillance n'est proposée spécifiquement pour la topographie et la géomorphologie. La surveillance de l'efficacité des mesures de lutte contre l'érosion, de la stabilité des pentes et du succès des mesures de réhabilitation est décrite à la section 6 du volume C.

3.1.6 Conclusions

Le pipeline de pulpe et son infrastructure associée auront de faibles conséquences pour la topographie durant les phases de construction et d'opération. Le pipeline ne devrait pas avoir d'impact sur des éléments topographiques uniques. Aucun autre effet ou changement topographique n'est attendu durant la phase de fermeture; le paysage demeurera dans un état modifié à long terme après la fermeture.

3.2 SOLS

3.2.1 Introduction et secteur d'étude

Cette section présente l'évaluation environnementale pour les effets du pipeline de pulpe sur les sols, selon les termes de référence du projet Ambatovy.

Le secteur d'étude du pipeline de pulpe pour les sols est l'empreinte au sol du projet de pipeline présentée dans le (volume A, section 7), figure 7.2-2.

3.2.2 Résumé de l'étude de référence

3.2.2.1 Sols du secteur du pipeline

Les sols du secteur du pipeline se sont formés sur un ancien terrain géomorphologiquement stable ne présentant pratiquement aucun vestige de la structure originale de la roche. L'érosion intense des roches, typique des zones tropicales humides, causée par des températures élevées, une forte humidité et l'effet du temps a entraîné la formation de sol en profondeur.

Les sols dans la région du pipeline de pulpe sont connus généralement comme étant des latérites, définis comme des sols tropicaux fortement altérés et riches en fer (Young 1976). Le terme latérite a été largement utilisé dans la littérature pour décrire les sols des régions tropicales et subtropicales du globe. On utilise souvent ces termes généraux pour décrire différentes caractéristiques morphologiques, physiques et chimiques.

De manière générale, la structure des sols le long du tracé du pipeline était prévisible. Sur les crêtes des secteurs en pente, on retrouve des oxisols; à mi-pente, on retrouve généralement des ultisols; en bas des pentes et dans les dépressions, les sols étaient soit des histosols, soit des oxisols, dépendamment du drainage. Le tableau 3.2-1 résume les caractéristiques de ces sols.

Dans la partie ouest du pipeline, les sols se sont développés sur des roches crétacées fortement altérées (Delbos 1961) composées principalement de gneiss, de migmatite, de granite et de granites migmatiques. Les sols en profondeur se sont développés sur du gneiss facilement altéré alors que les sols développés sur le granite ont tendance à être plus fins. A certains endroits, les processus d'érosion se sont produits plus récemment et les sols ont été classés comme des entisols.

Tableau 3.2-1 Résumé des caractéristiques des sols du secteur du pipeline

Emplacement sur la pente	Type de sol	Caractéristiques du sol
sommet (crête)	sols ferralitiques – structure polyédrique type (Oxisols)	le sol a une « bonne » structure polyédrique, sol riche en composés chimiques en raison de son enrichissement par les bases et les minerais (mica) ; cohésion du sol faible à moyenne
mi-pente	sols ferralitiques fortement altérés ou modifiés (Ultisols)	cohésion et structure de l'horizon du sol faibles; agrégats poreux; minerais primaires plus ou moins altérés (disparus)
bas de la pente (dépressions)	sols hydromorphes mal développés (Histosols)	sols plus ou moins riches en minéraux altérés; horizons formés par les alluvions des vallées; sols sablonneux ou silteux avec une faible teneur en argile; les sols ont des concrétions

Des détails supplémentaires concernant les conditions de référence sont fournis dans le volume I, annexe 3.1.

3.2.3 Evaluation des impacts

3.2.3.1 Portée des enjeux

La liste des enjeux fournie par les termes de référence (volume H, annexe 1) et le programme de consultation publique (volume A, section 6) ont été examinés afin d'axer l'évaluation des sols sur les enjeux clés et de grouper les enjeux par thèmes.

Dans le cadre de ce processus, une matrice d'interactions a été utilisée pour évaluer les impacts possibles du pipeline de pulpe sur les ressources en sols (tableau 3.2-2). Nous avons attribué une note aux interactions afin de mettre en lumière les enjeux clés et aider à orienter l'évaluation.

Seules les activités évaluées comme ayant un impact moyen ou élevé ont été analysées en détail dans l'évaluation.

Tableau 3.2-2 Matrice d'interactions du projet

Activités ou installations du projet	Sol[(a)]	Enjeux	Commentaires
Phase de construction			
Défrichement de la végétation	M à E	Augmentation du risque d'érosion éolienne et hydrique ; compactage des sols par les équipements	L'impact dépend du temps d'exposition des sols et du temps nécessaire à la construction (p.ex. saison sèche)
Déblaiement de la terre végétale	E	Augmentation du risque d'érosion éolienne et hydrique; perte des nutriments des sols ; compactage des sols	L'impact final est fonction de la récupération et du stockage de la terre végétale
Déblaiement du mort-terrain	M à E	Erosion éolienne et hydrique; compactage des sols par les équipements	L'impact dépend du temps d'exposition des sols
Déversements potentiels	F à M	Contamination due aux déversements	L'impact dépend de l'intervention de nettoyage en cas de déversement
Phase de réhabilitation et de fermeture			
Remise en état	P	Réhabilitation des zones touchées	Effet positif

[(a)] Classifications des interactions : N - Négligeable; F - Faible; M - Moyen; E - Elevé; P - Positif.

Les principaux enjeux potentiels reliés aux sols sont:

- déblaiement et remaniement des sols
- érosion des sols
- pertes des nutriments des sols
- compactage des sols
- contamination des sols
- réhabilitation

Beaucoup de ces enjeux sont interdépendants. Par exemple, le déblaiement et remaniement des sols sont reliés à la perte de productivité des sols. La question clé pour les sols est:

Question clé ST-1 Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur les sols?

Les liens d'impact potentiels sont illustrés dans un diagramme de liens au (volume H, annexe 9.) Le tableau 3.2-2 présente l'impact des activités reliées au pipeline sur les ressources en sols en se concentrant sur les enjeux clés.

Liens d'impacts potentiels

La question clé ST-1 analyse les effets associés à la construction, aux activités d'opération et à la réhabilitation du pipeline de pulpe sur la perte ou l'altération du sol dans le secteur local d'étude.

Les activités entraînant la perte directe ou l'altération du sol dans le secteur du pipeline incluent le défrichement du site et les modifications de surface requis pour permettre la construction du pipeline. La préparation du site pour l'installation du pipeline inclura la suppression du sol de surface. La servitude du pipeline sera réhabilitée peu de temps après l'achèvement de la construction. La méthodologie de réhabilitation des sols tropicaux est encore en développement.

L'érosion du sol est un processus qui consiste au déplacement du sol d'un endroit à un autre par le vent et l'eau. Elle peut entraîner l'altération ou la perte de la qualité du sol, processus qui peut à son tour affecter la croissance de la végétation. Le pipeline de pulpe impliquera le défrichement de la végétation, entraînant ainsi l'exposition du sol et l'augmentation de la probabilité d'érosion.

Le compactage du sol entraîne une réduction de la porosité et une augmentation de la densité apparente du sol. Il est causé par la pression externe occasionnée par les équipements utilisés pour la construction et la circulation des véhicules. La perte potentielle de la structure du sol due au compactage peut affecter la croissance de la végétation, en particulier le développement des racines, l'aération et le drainage. Le pipeline impliquera la circulation d'équipements et des activités sur les sols pouvant causer le compactage.

Les déversements et les fuites durant l'opération peuvent être à l'origine d'une altération des propriétés chimiques et physiques des sols qui, à son tour, peut affecter la végétation, ainsi que la qualité des eaux souterraine et de surface.

Méthodologie d'évaluation

Les sols et zones de terrain directement affectés par le pipeline de pulpe ont été quantifiés à l'aide d'analyses SIG (Système d'information géographique), comme suit:

- Les superficies des types de sols qui seront perturbés à l'intérieur de l'empreinte au sol du pipeline de pulpe ont été quantifiées à l'aide du SIG.
- Les secteurs de sols réhabilités après la réhabilitation de la servitude du pipeline ont été calculés.

- Les classifications des impacts ont été déterminées en se fondant sur la perte nette permanente de sols et les changements prévus de la qualité des sols.

3.2.3.2 Critères d'évaluation

Le tableau 3.3-3 présente les critères utilisés pour évaluer les impacts résiduels sur les sols.

Tableau 3.2-3 Critères d'évaluation des sols

Ressource	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
Sols	**positive**, **négative** ou **neutre** pour les résultats des mesures	**négligeable:** pas d'effet mesurable (<1 %) **faible:** perte <10 % **moyenne:** perte de 10 à 20 % **forte**: perte >20 %	**locale:** effet restreint au secteur local d'étude **régionale:** l'effet s'étend au-delà du secteur local d'étude dans la région **supra-régionale:** l'effet s'étend au-delà de la région	**court terme:** <3 ans **moyen terme:** 3 à 30 ans **long terme:** >30 ans	**réversible** ou **irréversible**	**faible:** se produit une fois **moyenne:** se produit par intermittence élevée: se produit continuellement

3.2.3.3 Mesures d'atténuation

Erosion des sols

L'érosion du sol consiste au déplacement du sol par l'action du vent ou de l'eau. On peut estimer le risque d'érosion hydrique sur le terrain à l'aide de l'équation universelle des pertes en terre (USLE) (Wischmeier et Smith 1961; Gee et al. 1976). Le volume B, section 3.3 fournit des détails à ce sujet.

La texture et le contenu en matières organiques affectent le facteur d'érodabilité des sols (K). Les sols riches en silt (limon) et en sable très fin sont davantage sensibles à l'érosion hydrique que les autres sols. Les pentes escarpées situées le long de la servitude du pipeline suggèrent que ce secteur de sols aura un potentiel élevé d'érosion en raison des couches superficielles à texture fine.

Le risque d'érosion éolienne et hydrique le long de la servitude du pipeline est faible en présence d'une couverture végétale. Ce risque augmentera pendant la phase de perturbation. Le risque d'érosion éolienne dépend de la texture, de la teneur en eau et du contenu en matières organiques des sols. Il sera plus élevé pour les sols sablonneux. Le risque d'érosion hydrique augmente quand la pente excède 10 % et quand des sols fins sont sous-jacents à des sols grossiers. La

topographie du tracé actuel comporte de nombreux secteurs avec des pentes supérieures à 10 %, il existe donc une possibilité d'érosion hydrique.

Afin d'éviter l'érosion et la sédimentation potentielle des sols durant la construction, l'exposition des sols doit être minimisée et le ruissellement contrôlé, en particulier pendant les mois les plus pluvieux et dans les secteurs proches des cours d'eau.

Les mesures d'atténuation générales ci-dessous seront utilisées pour empêcher l'érosion hydrique:

- récupération de la terre végétale et entreposage de façon sécuritaire de cette terre le long de la servitude, loin des secteurs susceptibles de subir de l'érosion, là où il est possible de le faire
- construction de fossés transversaux temporaires pour réorienter le ruissellement
- construction de bermes temporaires sur les pentes escarpées avec des rondins, du bois de construction, des sacs de sable ou d'autres matériaux, selon le cas et ce qui est disponible
- construction de routes dans le secteur du pipeline de pulpe de manière à ne pas gêner les conditions de drainage naturelles et à ce que le ruissellement vers les fossés entre dans le réseau de drainage naturel ou dans les zones de rétention délimitées
- utilisation de mesures temporaires de contrôle de l'érosion comme la mise en place de couches de paillis, de nattes, l'installation de filets ou encore la répartition de paille pour contrôler l'érosion jusqu'à ce qu'une couche de végétation protectrice soit établie
- application d'agents collants lorsque nécessaire pour stabiliser les sols et utilisation d'hydro-semoirs pour semer sur les pentes escarpées
- ensemencement rapide des zones exposées avec un mélange de semences durables et appropriées à la région pour contrôler l'érosion. Il est conseillé de planter de l'herbe Vetiver (*Vetiveria zizanioides*) en bandes parallèlement aux pentes, à titre d'essai (NRC 1993) (volume B section 6). Il est proposé de procéder à des essais avec de l'herbe Vetiver pour les pentes détériorées du secteur initial du pipeline

Les mesures d'atténuation suivantes seront appliquées pour éviter l'envasement des cours d'eau:

- interdiction d'utiliser des engins de chantier près des berges des cours d'eau quand il y a un risque d'effondrement des berges, quand le

véhicule risque ne pas pouvoir traverser ou en cas de risque d'inondation du site des travaux

- excavation de fossés transversaux pour détourner des cours d'eau les eaux de ruissellement
- construction de bermes avec du mort-terrain, des rondins, du bois de construction des sacs de sable, de la roche, des bottes de paille ou de foin, à proximité des pentes et/ou des berges pour détourner les eaux de ruissellement du site vers des terrains ayant une bonne couverture végétale
- mise en place de sacs de sable à des endroits stratégiques pour aider à stabiliser les berges et en augmenter la hauteur afin d'empêcher l'inondation des zones voisines, surtout les zones où la végétation a été enlevée

Perte de nutriments des sols

Les sols tropicaux sont très pauvres en nutriments, ils ont un pH faible, une faible disponibilité en phosphore et une possible toxicité en aluminium et en manganèse. La disponibilité en nutriments dépend de la matière organique des sols. Ces caractéristiques ont été traitées dans le (volume B, section 3.3).

Les mesures d'atténuation pour restaurer les nutriments dans les sols réhabilités du pipeline de pulpe incluent:

- l'incorporation de matières organiques dans la couche de surface du sol réhabilité, y compris la récupération directe et le remplacement des sols de surface, la mise en place de matière organique compostée, de couches de paillis et l'application d' « engrais verts »
- si nécessaire, l'apport de nutriments supplémentaires pour favoriser une croissance végétale plus rapide avec des amendements fertilisants
- si nécessaire, l'application d'agents de chaulage comme les carbonates de calcium et de magnésium pour augmenter le pH des sols et réduire les toxicités liées aux métaux (Ludwig et al. 2000)

La durabilité de la disponibilité des nutriments dans les sols perturbés a été identifiée comme un enjeu potentiel dans les régions tropicales et comme un enjeu important pour la réhabilitation du secteur du pipeline de pulpe. Il sera important de veiller à réintégrer les matières organiques pendant la réhabilitation étant donné qu'elles jouent un rôle important dans le contrôle de la fertilité des sols. Cela sera particulièrement important dans les sections clés de servitude

situées dans le corridor Mantadia-Zahamena, qui devront être réhabilitées en forêt pendant la période d'opération (volume C, section 6).

Compactage

Le compactage des sols se produit quand une force compresse les pores du sol de plus grande dimension et réduit ainsi le volume d'air. Les sols compactés ont une densité apparente supérieure à celle des sols non compactés. Le potentiel de compactage d'un sol dépend de ses propriétés physiques, comme la texture, la teneur en eau ainsi que de l'intensité et la nature de la force appliquée. Le compactage est plus important sous des conditions humides, des charges élevées et dans des zones de trafic répété. Les effets du compactage des sols ont été traités dans le (volume B, section 3.3).

Les mesures d'atténuation qui seront mises en oeuvre pour empêcher ou atténuer le compactage incluent:

- la récupération des sols de surface et des opérations de remplacement durant la saison sèche afin de réduire le potentiel de compactage
- la minimisation du nombre de passages sur une zone déjà réhabilitée
- la culture du sol compacté avant la revégétalisation
- l'utilisation de végétaux à racines profondes pour ameublir le sol compacté

Contamination des sols

Des mesures d'atténuation générales visant à empêcher la contamination des sols incluront:

- la réduction au minimum des risques de fuites grâce à des équipements pourvus de systèmes de confinement adéquats
- l'inspection régulière des équipements et du secteur ainsi que le nettoyage rapide de tous les déversements et de toutes les fuites

3.2.3.4 Résultats

Un total d'environ 896 hectares de sols sera perturbé par le pipeline de pulpe (tableau 3.2-4). La majorité des sols perturbés ont un risque d'érosion élevé à moyen (friches/tavy 800 ha, 89 % du total) avant la construction du pipeline. Les 96 hectares résiduels ont un risque d'érosion faible avant la construction du pipeline. Une fois la construction achevée, le risque devrait être élevé pour la

majorité de la servitude du pipeline et ce, pendant plusieurs mois, jusqu'à ce que la végétation soit rétablie.

Tableau 3.2-4 Perturbations des types de sols le long du pipeline de pulpe

Type de sol	Longueur du pipeline de pulpe (km)	Superficie (ha)	Pourcentage du secteur local d'étude (%)
Risque d'érosion élevé à moyen (végétation de type friches/ tavy)	170	800	89
Risque d'érosion faible (autres types de végétation)	25	96	11
Total	**195**	**896**	**100**

3.2.3.5 Analyse des impacts résiduels

La conséquence sur l'environnement du pipeline de pulpe sur les sols est évaluée comme moyenne pendant la construction, faible pendant l'opération et faible après la fermeture (tableau 3.2-5).

La construction du pipeline entraînera des perturbations à court terme de la servitude du pipeline. Le risque d'érosion de tous les sols augmentera considérablement avec le débroussaillage, en particulier les 96 hectares qui comportent une couverture végétale importante (tableau 3.2-4). Etant donné la période de construction relativement courte, la conséquence sur l'environnement a été évaluée comme moyenne.

Durant l'opération du pipeline, l'érosion du sol de surface diminuera considérablement une fois la végétation rétablie et les pentes stabilisées. De nombreuses mesures d'atténuation seront mises en œuvre pour contrôler l'érosion (section 3.2.4.1). La probabilité de phénomènes d'érosion sera très élevée en raison de la forte intensité des précipitations dans la région.

La conséquence sur l'environnement a été évaluée comme faible après la fermeture étant donné que les taux d'érosion naturels devraient réapparaître une fois une couverture végétale stable rétablie (voir volume B, section 6).

Tableau 3.2-5 Classification de l'impact résiduel pour les sols

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Question clé ST-1 Quel effet le pipeline aura–t-il sur les sols?							
construction	négative	forte	locale	court terme	non	faible	moyenne
opération	négative	moyenne	locale	moyen terme	oui	faible	faible
fermeture	négative	faible	locale	long terme	oui	faible	faible

3.2.3.6 Niveau de confiance des prévisions

La classification de l'impact pour les sols dépend en grande partie du programme de réhabilitation prévu pour retrouver un sol productif dans la servitude perturbée. Il existe des incertitudes au sujet de la réhabilitation des sols tropicaux et du succès du contrôle de l'érosion. Cependant, la proposition d'une réhabilitation rapide de la servitude immédiatement après la construction permet de prévoir qu'elle sera un succès. Une recherche sur la réhabilitation prévue traitera de ces enjeux.

3.2.3.7 Surveillance

Le promoteur mettra en oeuvre des programmes de surveillance de la réhabilitation pour s'assurer que les mesures d'atténuation sont efficaces et procédera à des ajustements si nécessaire. Le plan de surveillance de la réhabilitation du pipeline consiste à:

- s'assurer que les mesures de protection environnementale sont respectées pendant la construction du pipeline de pulpe
- s'assurer de la stabilité des pentes
- mesurer le rendement de la végétation
- faire des rapports des résultats de la surveillance

3.2.4 Conclusions

Après l'application des mesures d'atténuation, le pipeline aura une conséquence moyenne sur l'environnement pour les sols pendant la phase de construction, faible pendant la période d'opération et faible après la fermeture et la réhabilitation. Le principal enjeu est l'augmentation du risque d'érosion des sols à texture fine une fois la végétation défrichée. L'impact potentiel sur les sols a des conséquences sur la végétation, l'hydrologie et plus particulièrement la qualité de l'eau, quand il y a une probabilité d'un débit solide accru. Ces enjeux sont traités dans d'autres sections de l'EIE.

3.3 CLIMAT ET QUALITE DE L'AIR

3.3.1 Introduction

Cette section de l'étude d'impact environnemental (EIE) du projet Ambatovy (le projet) présente l'information relative à l'évaluation de l'impact du pipeline de pulpe sur la qualité de l'air, tel qu'exigé par les termes de référence de l'Office national pour l'Environnement (ONE 2004) de Madagascar. L'information présentée comprend des détails sur:

- les inquiétudes exprimées par les parties prenantes et les autorités réglementaires à l'égard de la qualité de l'air
- les activités du projet qui peuvent affecter la qualité de l'air et les mesures d'atténuation incorporées à la conception du projet, en prévision de ces impacts
- la qualité de l'air dans le secteur d'étude
- les recommandations concernant la surveillance et les autres mesures d'atténuation identifiées visant à réduire les impacts résiduels sur la qualité de l'air associés au pipeline de pulpe

Les enjeux potentiels, cernés dans l'EIE, concernant la qualité de l'air et causés par l'aménagement du pipeline de pulpe comprennent les émissions résultant des activités de construction.

3.3.2 Limites d'évaluation

3.3.2.1 Portée temporelle

Les considérations temporelles de l'EIE sont basées sur la description du projet Ambatovy et varient selon les disciplines de l'EIE à cause des formes variées d'interaction entre les composants du projet et l'environnement. La composante atmosphérique ne représente pas de moments précis dans le temps. L'évaluation repose plutôt sur la phase de construction du pipeline de pulpe.

3.3.2.2 Portée géographique

L'évaluation de la qualité de l'air est une évaluation qualitative du secteur occupé par le pipeline de pulpe. Les émissions provenant des activités de construction seront localisées et il n'y aura pas d'émissions qui affecteront la qualité de l'air à l'échelle régionale durant la phase d'opération.

3.3.3 Résumé de l'étude de référence

La distribution et la quantité de précipitation varient le long du tracé du pipeline. Environ 80% des précipitations pour le site de la mine ont lieu de novembre à mars. Les précipitations à Toamasina surviennent toute l'année, avec des quantités de pluie atteignant plus du double des quantités reçues au site de la mine. Les températures varient également le long du tracé du pipeline à cause des différences d'altitude entre le site de la mine et la côte est. Les températures au site de la mine sont généralement plus fraîches qu'à Toamasina.

Etant donné que le pipeline sera situé principalement dans des régions rurales et qu'il n'y a pas d'activités industrielles majeures le long du tracé du pipeline, on peut s'attendre à ce que la qualité de l'air soit relativement bonne. Lors d'une étude de surveillance de la qualité de l'air effectuée dans le sud de Madagascar, la qualité de l'air pour toutes les stations de surveillance a été classée comme: air pur (moins de 20% de la norme de référence) ou air propre (de 20 à 39% de la norme de référence) (SENES 2001).

3.3.4 Evaluation des impacts

3.3.4.1 Portée des enjeux

Les principaux facteurs qui pourraient affecter la qualité de l'air sont les gaz d'échappement des véhicules et les émissions de poussière durant la construction du pipeline. Les émissions atmosphériques de la phase d'opération du pipeline n'ont pas été identifiées; par conséquent, aucun impact sur la qualité de l'air durant la phase d'opération n'est prévu.

La question clé au sujet de la qualité de l'air est la suivante:

Question clé QA-1 Comment la mise en opération du pipeline de pulpe affectera-t-elle la qualité de l'air?

Etant donné que les activités de construction seront localisées et temporaires, on s'attend à ce que les changements à la qualité de l'air soient négligeables; par conséquent, aucune autre évaluation n'a été effectuée.

Mesures d'atténuation

Bien qu'il soit prévu que les effets sur la qualité de l'air durant la construction et l'opération du pipeline seront minimes, des mesures d'atténuation seront incorporées aux activités. Ces mesures comprennent l'entretien régulier des véhicules et du matériel de construction et le contrôle de la poussière durant la construction et l'opération du pipeline de pulpe.

Analyse des impacts

Les effets sur la qualité de l'air se produiront principalement durant la construction, y compris lors du défrichement, du terrassement et de la pose du pipeline. Les plus fortes émissions devraient se produire durant la pose du pipeline à cause du nombre de camions et d'équipement lourd devant être utilisé. La pose du pipeline prendra le plus de temps, pour tous les secteurs du tracé, parce que c'est l'activité la plus lente.

Des émissions de SO_2, NO_X et de matières particulaires, provenant de l'équipement de construction, sont à prévoir. Ces émissions pourraient durer, en tout point le long du pipeline, pour une période allant de quelques jours à une semaine, selon une progression estimée de 700 m par jour.

Des émissions provenant des véhicules se déplaçant sur les voies d'accès se produiront également; cependant, ces émissions devraient être minimes et de courte durée. La circulation sur les voies d'accès est présentée au (volume C, section 5.5).

Durant la phase d'opération du pipeline, l'impact sur la qualité de l'air devrait être négligeable puisqu'il y aura seulement des émissions occasionnelles provenant des véhicules d'entretien le long du tracé du pipeline.

Surveillance

Etant donné que l'impact sur la qualité de l'air résultant des activités de construction et d'opération du pipeline sera négligeable à long terme, la surveillance des émissions atmosphériques ne sera pas effectuée.

3.3.5 Conclusions

Les principaux facteurs qui peuvent affecter la qualité de l'air sont les gaz d'échappement des véhicules et les émissions de poussières durant la construction du pipeline. L'effet sur la qualité de l'air devrait être négligeable parce que les émissions seront localisées et qu'elles ne se produiront que temporairement à tout endroit le long du tracé (c.-à-d., une semaine ou moins).

Durant l'opération du pipeline, la seule source d'émission atmosphérique sera le passage occasionnel d'un véhicule d'entretien; par conséquent, l'impact sur la qualité de l'air durant la phase d'opération devrait être négligeable.

3.4 BRUIT

3.4.1 Introduction

L'évaluation du bruit fournit une analyse des impacts du projet Ambatovy proposé et identifie les effets potentiels des émissions sonores associées aux activités du projet proposé. Dans le présent volume de l'étude d'impact environnemental (EIE), les activités du projet associées au pipeline de pulpe sont évaluées. Des renseignements sont fournis sur les niveaux de bruit actuels dans le secteur, les sources potentielles d'émissions de bruit associées au projet et le potentiel de changements des niveaux de bruit occasionnés par le pipeline.

L'enjeu potentiel identifié dans l'EIE quant au bruit occasionné par le pipeline de pulpe est attribuable aux activités de construction.

L'évaluation du bruit du pipeline vise principalement à déterminer le potentiel de changements des niveaux actuels de bruit ambiant occasionnés par la construction du projet et à comparer les résultats aux lignes directrices de la Banque mondiale en matière de bruit. L'évaluation est effectuée du point de vue de la réponse humaine. Les effets du bruit sur la faune sont évalués à la section 4.2 du volume C. Le bruit est également un élément considéré dans l'analyse des effets sociaux à la section 5.1 du volume C (Aspects socioéconomiques).

Une introduction aux concepts clés relatifs au bruit qui ont été utilisés dans l'évaluation est fournie à la section 3.5.1 du volume B.

3.4.2 Secteurs d'étude

L'évaluation du bruit est une évaluation qualitative du secteur occupé par le pipeline de pulpe. Le son émis par les activités de construction sera localisé dans le secteur de construction en activité et aucun bruit n'affectera les récepteurs près du tracé lors de la phase d'opération.

3.4.3 Résumé de l'étude de référence

3.4.3.1 Introduction

Une étude de référence sur le bruit a été effectuée dans le cadre du projet Ambatovy afin d'établir les niveaux de bruit actuels dans les secteurs d'aménagement proposés et de fournir de l'information en vue de l'évaluation

des impacts sur le bruit. L'établissement des niveaux de bruit actuels était également nécessaire en vue de la comparaison aux critères de la Banque mondiale en matière de bruit.

3.4.3.2 Méthodologie

Puisque Madagascar ne possède aucune ligne directrice ou règlement sur les mesures du bruit, l'étude a été réalisée de façon à rencontrer les exigences de la Banque mondiale. La Banque mondiale exige que le bruit soit évalué à des récepteurs qui se trouvent à l'extérieur des limites du projet en se fondant sur les périodes de temps suivantes:

heures du jour (7 h à 22 h)

heures de la nuit (22 h à 7 h) (BM, 1998)

Un relevé de 24 heures a été complété à chaque station de surveillance sélectionnée afin de représenter les niveaux de bruit actuels aux récepteurs des communautés situés autour du pipeline. Des relevés de ce type et de cette durée fournissent de l'information sur la variabilité quotidienne des niveaux de bruit. Le sonomètre utilisé a mesuré des niveaux de pression sonore moyen (L_{eq}) et maximum (L_{max}) une fois par minute lors de la période de surveillance.

Les données météorologiques étaient mesurées aux stations de surveillance durant chaque période de surveillance de 24 heures. Les mesures du bruit sont plus exactes lorsque les conditions météorologiques favorisent une faible humidité relative, des températures chaudes (inférieur à 35 ^{o}C), des vents faibles et aucune nébulosité. Les informations météorologiques ont été enregistrées durant toute la période de surveillance et des mesures ont été prises, au besoin, afin de s'assurer que les conditions demeuraient optimales lors des mesures du bruit.

Des stations spécifiques le long du tracé du pipeline de pulpe n'ont pas été sélectionnées pour la surveillance de référence. Les niveaux de bruit le long du tracé devraient être similaires aux niveaux de bruit mesurés à Berano et à Amboakarivo, des stations situées près de chaque extrémité du pipeline.

De l'information détaillée concernant la sélection des stations de surveillance du bruit et des méthodes de surveillance est présentée à l'annexe 5.1 du volume I.

3.4.3.3 Résumé des résultats

Un résumé des niveaux de bruit actuels à Berano et à Amboakarivo est présenté au tableau 3.4-1. Ces niveaux sont considérés comme représentatifs des niveaux de bruit actuels à tous les récepteurs des communautés situées près du tracé.

Tableau 3.4-1 Résumé des niveaux de bruit actuels, pipeline de pulpe

Station	Période	Heure la plus calme L_{eq} [dBA]	L_{eq} de la période [dBA]
Berano	jour	23	41
	nuit	20	40
Amboakarivo	jour	39	42
	nuit	37	42

Les mesures de bruit détaillées incluant les tableaux des niveaux horaires de bruit et les graphiques des données brutes à la minute sont fournis à l'annexe 5.1 du volume I.

3.4.4 Evaluation des impacts

3.4.4.1 Portée des enjeux

Après des consultations avec les parties prenantes et l'examen des précédentes études d'impact environnemental relatives à la mise en valeur des ressources à Madagascar et ailleurs, plusieurs enjeux ont été identifiés relativement aux impacts potentiels du projet sur le bruit.

Les facteurs du pipeline de pulpe qui peuvent affecter les niveaux de bruit comprennent:

- le bruit de la construction généré par l'équipement mobile lourd, les soudeuses, les tronçonneuses et tout autre moteur divers
- le trafic lié à l'entretien et à la surveillance, sur les routes publiques et locales, qui peuvent engendrer des intensifications localisées des niveaux de bruit

La majorité des effets sur le bruit devraient survenir lors de la construction car durant la phase normale d'opération du pipeline, aucun bruit ne sera émis. Les changements de niveaux de bruit occasionnés par le projet peuvent avoir un effet

sur la santé de la faune et des êtres humains. Cela donne lieu à une question clé sur le bruit:

Question clé B-1 **Quel effet le bruit issu du pipeline de pulpe aura-t-il sur les récepteurs sensibles?**

3.4.4.2 Méthodologie d'évaluation

L'indicateur clé qui sera utilisé pour évaluer les changements potentiels des niveaux de bruit est le niveau acoustique équivalent ou L_{eq}. Cet indicateur est une moyenne logarithmique des niveaux de bruit mesurés durant une période de temps donnée. Il se mesure en décibels « pondérés A » (dBA) qui incorporent la gamme de fréquences audibles par l'oreille humaine. Ce type de moyenne est généralement utilisé en milieu environnemental (à l'extérieur) puisqu'il tient compte des variations naturelles du son.

L'évaluation qualitative des changements des niveaux de bruit pour le pipeline de pulpe a été effectuée en:

- établissant des niveaux de bruit de référence aux récepteurs potentiels
- déterminant l'intensité sonore générée par la construction
- calculant la distance d'une source de bruit émanant du projet pour laquelle les niveaux de bruit sont supérieurs aux critères de la Banque mondiale

Les activités ou les équipements qui émettent des sons ont été déterminés en fonction de l'information contenue dans la description de projet (section 2, volume C) et les listes d'équipement fournies par le client. Les émissions sonores des différentes sources ont été évaluées suivant les mesures de bruit effectuées sur équipement de type semblable, les données du fabricant ou les formules standards d'émissions sonores.

Les calculs sont fondés sur les formules conformes aux normes acoustiques de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et aux critères de la Banque mondiale, qui fournissent des niveaux de bruit équivalents L_{eq} pour des périodes de temps données.

Les effets du bruit sur la faune ont été évalués dans la section de l'étude d'impact sur la faune. Les prévisions de bruit fournies par l'étude sur la faune sont présentées ici à titre d'information seulement.

Les effets du trafic sur les routes publiques ont été évalués séparément dans la section 5.5 du volume C.

3.4.4.3 Critères d'impacts résiduels

Les critères utilisés pour le bruit sont les normes de la Banque mondiale en ce qui concerne l'activité minière:

- un niveau horaire de bruit L_{eq} de 55 dBA entre 7 h et 22 h (période du jour)
- un niveau horaire de bruit L_{eq} de 45 dBA entre 22 h et 7 h (période de la nuit)
- lorsque le bruit de fond est supérieur respectivement à 55 ou à 45 dBA, une intensification maximale des niveaux de bruit de fond de 3 dBA

Les critères sont appliqués aux récepteurs (habitations ou communautés) situés à l'extérieur des limites du projet. Les villes situées à proximité du tracé du pipeline de pulpe ont été identifiées et cartographiées à la section 5.1 du volume C (Aspects socioéconomiques). Puisque le tracé du pipeline de pulpe à l'intérieur du corridor proposé n'a pas encore été complété, les distances exactes entre les sources de bruit provenant des machines de construction du pipeline, et les habitations n'ont pas été définies.

Les impacts résiduels n'ont pas été évalués pour le pipeline de pulpe puisque la majorité du bruit est émis uniquement lors de la construction et que les récepteurs des communautés n'ont pas été identifiés. Cette étude vise à fournir de l'information sur les effets localisés qui peuvent survenir lors de la construction du pipeline. Une fois construit, les effets du bruit seront négligeables (trafic occasionnel pour la surveillance et l'entretien).

3.4.4.4 Mesures d'atténuation

Aucune mesure d'atténuation spécifique n'a été prise en compte pour la construction du pipeline. Cependant, on s'attend à ce que tout l'équipement lourd soit muni de silencieux standards et que les « meilleures pratiques de gestion » lors de la construction soient observées pour l'entretien des équipements.

3.4.4.5 Emissions sonores

Le tableau 3.4-2 résume les niveaux de bruit des équipements de construction typiques, utilisés dans le cadre de la construction du pipeline.

Tableau 3.4-2 Emissions sonores des équipements de construction

Source	Niveau sonore (distance de la source)
bulldozer (2)[a]	87 dBA (15 m)
camion-benne[b]	82-89 dBA (12 m)
chargeuse [b]	79-93 dBA (15 m)
compacteur[a]	87 dBA (12 m)
groupe électrogène, petit[a]	76 dBA (15 m)
tronçonneuse[b]	89-95 dBA (3 m)
tractopelle [b]	87-99 dBA (9 m)
tractopelle, au ralenti[b]	74 dBA (9 m)
décapeuse[a]	88 dBA (15 m)

[a] Source : May, 1978.
[b] Source : Cowan, 1994.

Le nombre et le type de sources de bruit dépendront également du type d'activité de construction. Les activités qui génèrent plusieurs sources de bruit sont les opérations de défrichement, de terrassement et de pose du pipeline.

3.4.4.6 Analyse des impacts résiduels

Selon le calendrier de construction proposé, le défrichement s'effectuera une à deux saisons avant le terrassement et la pose du pipeline. Le bruit provenant des activités de défrichement comprendra les tronçonneuses et les véhicules tout terrain extrayant le bois récupérable du tracé du pipeline. Le bruit provenant de ce type d'équipement devrait s'atténuer conformément au critère de bruit nocturne de 45 dBA de la Banque mondiale dans un rayon de 500 m autour de l'activité. Durant l'opération normale du pipeline, aucun bruit ne sera émis.

L'activité la plus bruyante devrait être la pose du pipeline compte tenu du nombre de camions et d'équipements lourds utilisés. La pose du pipeline sera aussi l'opération la plus longue dans tous les secteurs situés le long du tracé, puisque cette activité possède le degré d'avancement le plus lent. La construction du pipeline se produira successivement le long d'une section d'un ou de deux kilomètres (selon les pratiques standards de pose de pipeline). Le long de cette zone se retrouveront les excavateurs, les machines à souder, les camions et les travailleurs.

Ce type d'activité de construction demandera généralement la mise en marche de trois gros moteurs Diesel voire plus. L'atténuation calculée sur la base de quatre moteurs Diesel de 1500 CV entraînera des niveaux de bruit de 45 dBA à une distance de 500 à 700 m de la source. De tels niveaux de bruit peuvent être perçus à n'importe quel endroit le long du pipeline pendant une période s'étalant de plusieurs jours à une semaine, selon une progression journalière de 700 m.

En raison des effets localisés du bruit et de la courte durée attendue de la construction, les impacts ne sont pas considérés significatifs.

Le trafic sur les routes publiques et d'accès lors de la construction est discuté à la section 5.5 du présent volume.

3.4.4.7 Niveau de confiance des prévisions

Le calcul de l'atténuation du bruit extérieur est effectué à l'aide d'algorithmes et d'hypothèses standards qui tendent à simplifier l'environnement acoustique. Le bruit, qu'il soit naturel ou artificiel, varie normalement dans le temps. Les algorithmes et l'indicateur L_{eq} prennent en compte cette variation, mais ne la prévoient pas. La variation des sources de bruit au fil du temps peut être traitée dans le modèle CadnaA de plusieurs façons, selon la source de bruit évaluée et le niveau de détail exigé.

La qualité et la pertinence des prévisions provenant du modèle de bruit dépendent des données d'entrée. Pour l'évaluation, les sources de bruit ont été modélisées avec les mesures actuelles de terrain ou les données d'émissions sonores des fournisseurs d'équipement, quand c'est possible, afin d'assurer l'exactitude des sources.

3.4.4.8 Surveillance

Puisque les impacts prévus sur le bruit sont négligeables, un programme de surveillance du bruit n'est pas considéré nécessaire. Dans le cadre du programme de relations sociales en cours, un processus de traitement des plaintes concernant le bruit sera mis sur pied. Dans le cas où une plainte concernant le bruit est reçue durant les opérations liées au projet, une enquête sera réalisée afin d'identifier la source du bruit et déterminer les solutions possibles, s'il y a lieu. L'enquête peut comprendre des relevés de surveillance, des entrevues ou de la modélisation.

3.4.5 Conclusions

On s'attend à ce que les niveaux de bruit provenant de la construction du pipeline s'atténuent afin de rencontrer le critère nocturne de 45 dBA de la Banque mondiale dans un rayon de 500 à 700 m autour de l'activité. De tels niveaux de bruit peuvent être perçus à n'importe quel endroit le long du tracé pendant une période pouvant s'étendre jusqu'à une semaine. En raison des effets localisés du bruit et de la courte durée attendue de la construction, les impacts ne sont pas considérés significatifs.

3.5 RISQUES NATURELS

3.5.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation des impacts environnementaux portant sur les risques associés aux catastrophes naturelles que présente le pipeline pour le public et le milieu naturel, conformément aux Termes de référence du projet Ambatovy (le projet).

3.5.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe est présenté dans le plan de la figure 7.2-2, volume A. Le pipeline mesurera environ 195 km de long et transportera jusqu'à 7,1 millions de tonnes métriques sèches/année de minerai de latérite nickélifère, de la mine à l'usine de traitement. Les catastrophes naturelles telles que les événements sismiques peuvent provenir d'un vaste secteur régional qui a fait l'objet d'une étude adéquate visant à déterminer les impacts potentiels sur le pipeline.

3.5.3 Résumé de l'étude de référence

L'évaluation des impacts environnementaux repose sur une étude distincte des catastrophes naturelles et une évaluation des risques pour le pipeline (Pipeline Systems Incorporated [PSI] 2005 (PSI, 2005), présenté dans le volume I, à l'annexe 6.1). Un pipeline de pulpe projeté, d'une longueur de 195 km, et d'un diamètre extérieur de 550 mm, comporte une station de pompage dotée de deux séries de six pompes de minerai en pulpe. L'étude de PSI décrit les conditions de référence du pipeline quant au tracé, au climat et à l'activité sismique. Les risques naturels potentiels et les risques résultant d'une rupture attribuables aux catastrophes naturelles ont fait l'objet d'une évaluation, appuyée par l'expérience de l'industrie.

3.5.4 Portée des enjeux

Trois types principaux de catastrophes naturelles ont été identifiées selon l'évaluation des risques (PSI, 2005) qui pourraient causer le bris du pipeline et le rejet de pulpe. Ces catastrophes sont les glissements de terrain le long du tracé du pipeline, l'érosion hydrique causée par les précipitations et inondations, ainsi que les risques sismiques. Tous les enjeux soulevés au cours de la consultation avec les intervenants figurent également dans les scénarios de risques (section 6, volume A).

Glissements de terrain

Le pipeline peut subir des dommages si un glissement ou un effondrement de terrain se produit le long de son tracé. Dans le cas d'un glissement de terrain, les matériaux d'un versant en amont de l'emprise du pipeline glisseront sur lui pour la recouvrir et endommageront potentiellement la plate-forme et le tracé du pipeline. Un effondrement impliquerait le mouvement du sol contenant la plate-forme du pipeline et le pipeline lui-même. Dans les deux cas, si le mouvement du sol est assez important, il pourrait y avoir rupture du pipeline.

Erosion hydrique

Au cours d'épisodes de pluie, l'eau pénètre dans le sol, accroissant ainsi le risque d'effondrement et/ou de glissement de terrain. Lorsque le sol est saturé, l'eau s'écoule à la surface vers les parties basses locales qui l'évacuent vers la voie d'eau.

Le tracé du pipeline qui a été retenu, traverse de nombreux cours d'eau et rivières ainsi que des vallées sèches qui risquent d'être inondées pendant les épisodes de pluie. Il y a un risque que l'érosion, pendant une pluie, endommage le pipeline à chacun des franchissements. Les dommages pourraient être causés par l'affaiblissement des structures d'un franchissement aérien, la mise à jour d'un franchissement enfoui, ou l'élargissement de la voie d'eau exposant ainsi le pipeline à l'extérieur de la voie d'eau. La section de pipeline exposée peut se rompre en raison de la pression de l'eau courante, du manque de support (perte de support du franchissement aérien), ou des dommages causés par les roches et les débris qui se déplacent dans la rivière.

Risques sismiques

Il y a trois événements majeurs qui pourraient endommager le pipeline au cours d'un événement sismique :

- un mouvement important du sol au contact d'une faille donnée pourrait cisailler le pipeline enfoui à l'endroit où celui-ci croise la faille
- la liquéfaction du sol enrobant le pipeline suite un séisme éliminerait son support causant l'enfoncement du pipeline dans le sol. Cette situation pourrait soumettre le pipeline à une contrainte excessive pouvant atteindre le point de rupture
- un éboulis de sol ou de blocs pourrait faire tomber des matériaux sur l'emprise du pipeline. Cet événement s'apparente au glissement de terrain susmentionné. Par conséquent, l'impact et les mesures d'atténuation sont les mêmes

La question clé concernant les risques naturels est posée comme suit:

Question clé RN-1 **La présence du pipeline augmente-t-elle les risques associés aux catastrophes naturelles pour le public et le milieu naturel?**

3.5.5 Evaluation des impacts

3.5.5.1 Méthodes d'évaluation

Une évaluation des risques associés aux risques naturels a été réalisée (PSI, 2005) au moyen d'une estimation qualitative fondée sur les résultats d'opération des pipelines à l'échelle mondiale. Pour chacun des trois risques naturels décrits à la section 3.5.4, les scénarios de risques potentiels ont d'abord été identifiés, puis des mesures d'atténuation ont été élaborées. Les risques résiduels pour tous les scénarios ont ensuite été estimés en fonction des résultats, du tracé local et de la conception. Les risques acceptables ont été déterminés en fonction des normes internationales afin de réduire en aval, et au minimum, les risques pour le public et les ressources du milieu naturel en aval.

3.5.5.2 Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation utilisés dans le cadre de l'évaluation des risques naturels sont répartis en cinq catégories de risque:

- extrêmement faible
- faible
- moyen
- élevé
- extrêmement élevé

3.5.5.3 Mesures d'atténuation

L'opération sécuritaire et fiable à long terme d'un pipeline de pulpe débute lors de la phase de conception et se poursuit tout au long de son opération. La mise en application de pratiques de conception qui ont fait leurs preuves et l'élaboration de systèmes de sécurité propres au projet permettent d'assurer la fiabilité du pipeline. Les pipelines de pulpe exploités à des fins commerciales ont offert un service fiable, sans entraîner d'impact sur le milieu naturel, dans les zones sujettes aux séismes (Chili et Pérou), les milieux naturels extrêmement humides (Brésil) et les régions éloignées (Chine et Australie).

Le pipeline de pulpe projeté ne présente pas de conditions uniques pour lesquelles des conceptions reconnues de pipeline n'existerient pas. A tous les égards, les paramètres du pipeline ont fait leurs preuves commercialement.

Le tracé et la conception choisis du pipeline permettront de réduire les risques de dommages au cours de l'opération et comprennent les stratégies suivantes:

- Le tracé choisi se trouve généralement éloigné de l'activité humaine.
- Le pipeline sera enterré. Les événements météorologiques (cyclones, tornades, éclairs, etc.) et les perturbations de la surface (glissement de terrain, séismes, etc.) risquent moins de causer des dommages à un pipeline enfoui qu'à un pipeline installé à la surface.
- Le tracé choisi évitera les zones instables sur le plan géotechnique et, lorsque cela n'est pas possible, des conceptions spécifiques seront adaptées afin de réduire les risques géotechniques.
- Dans des secteurs vulnérables tels que les franchissements des cours d'eau ou les franchissements routiers, dans des secteurs habités, etc., une profondeur d'enfouissement plus grande et/ou une paroi de pipeline plus épaisse seront envisagées afin d'atténuer les risques de dommages. Cette conception se veut particulièrement efficace dans les franchissements de cours d'eau où le pipeline peut être enfoui sous le niveau de l'évènement du « pire cas » d'affouillement.

Le pipeline proposé sera conçu, construit, exploité et entretenu conformément à la norme B31.11 de l'American Society of Mechanical Engineers (ASME), « Slurry Transportation Pipeline Systems » (réseaux de transport de pulpe par pipeline). Ce code a été appliqué à d'autres pipelines de pulpe partout dans le monde; il fournit des lignes directrices reconnues pour assurer la sécurité du pipeline. Le recours à une équipe de conception chevronnée contribuera à l'établissement d'un réseau de pipelines ultramoderne.

Des dispositifs de sécurité seront installés de façon à minimiser les risques opérationnels, y compris ceux associés aux catastrophes naturelles. Dans le but d'assurer une intervention rapide dans le cas d'un événement imprévu, le pipeline sera doté d'un système de contrôle à la fine pointe de la technologie, et comprendra un système de détection de fuites. La détection rapide d'une fuite dans le pipeline permet d'intervenir rapidement et de minimiser le risque d'impact sur le milieu naturel.

Des mesures précises de prévention des risques ont été envisagées en vue de gérer les risques naturels et sont décrites ci-après.

Glissements de terrain

Le risque le plus élevé de dommages causés à un pipeline est l'effondrement ou la rupture de la plate-forme du pipeline. L'optimisation et la sélection du tracé se fera le long de structures géologiques anciennes, stables d'un point de vue géotechnique afin de minimiser le risque de glissement. Les éléments de conception suivants seront mis en œuvre:

- Le pipeline sera toujours installé sur l'épaulement ou le côté amont de sa plate-forme de façon à assurer une distance maximale à partir de la surface naturelle.
- Une attention particulière sera accordée au drainage naturel du sol au-dessus de la plate-forme du pipeline afin de veiller à ce qu'il n'y ait aucune obstruction. Des ponceaux et d'autres structures de dérivation des eaux seront utilisés afin d'assurer le drainage et d'empêcher la saturation du sol contenant le pipeline.
- Le pipeline sera installé uniquement dans un sol naturel de déblai. Il ne sera pas installé dans des matériaux de remblai qui pourraient se fissurer plus facilement que des sols anciens.
- Des mesures de lutte contre l'érosion, notamment le réensemencement, la dérivation des eaux, les géotextiles, etc., seront mises en œuvre le long de la plate-forme du pipeline afin de prévenir les dommages une fois la construction complétée.

Erosion hydrique

Les mesures d'atténuation projetées pour la phase de conception détaillée du projet sont:

- un levé topographique détaillé du tracé du pipeline comprenant des données géotechniques
- un relevé hydrologique de la région
- les éléments de conception pour les franchissements de cours d'eau permettant de « blinder » le pipeline contre les dommages comprennent les caractéristiques suivantes:
  - la profondeur d'enfouissement minimale calculée (franchissements enfouis) est maintenue à travers toute la plaine inondable afin de permettre la divagation du lit de la rivière dans la plaine
  - les franchissements enfouis seront enduits de béton afin de prévenir les dommages mécaniques au pipeline si le lit de la rivière est divagué

- les parois des pipeline seront plus épaisses aux franchissements. L'épaisseur supplémentaire sera maintenue à travers toute la plaine d'inondation
- des mesures de lutte contre l'érosion seront prises pour les structures aériennes et les rives près des franchissements de rivière en vue d'ajouter une protection locale

Risques sismiques

Dans le cadre de l'étude technique détaillée, un relevé géotechnique complet sera exécuté dans le but d'évaluer l'activité sismique le long de la servitude et de déterminer les franchissements de failles et les zones de liquéfaction potentielle.

En général, un pipeline enfoui n'est pas touché par un séisme. Le pipeline dispose de la souplesse adéquate lui permettant de bouger avec le sol, sauf aux points d'intersection de failles. A ces points de croisement, des éléments de conception particuliers sont incorporés en vue d'atténuer les effets.

Le pipeline contournera les zones de liquéfaction potentielle. Si une zone ne peut être évitée, des pieux flottants seront probablement installés sous le pipeline. Ces pieux fourniront un support dans le cas où le sol serait liquéfié au cours d'un séisme.

En plus des mesures de prévention, la principale méthode visant à limiter les impacts associés à une fuite dans le pipeline est la détection rapide et la mise en œuvre d'une intervention d'urgence. Le pipeline de pulpe sera surveillé par un système de détection de fuites couplé au système d'acquisition et de contrôle des données SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*). Ce dernier sera en mesure de détecter toutes les fuites dans le réseau, de déterminer leur emplacement et d'émettre des avertissements aux opérateurs du système.

Une autre méthode clé pour réduire le risque de dommages attribuables aux risques naturels consiste à inspecter, de façon régulière, le tracé du pipeline afin de relever des changements qui pourraient avoir une incidence sur l'intégrité du pipeline. Les inspections du tracé du pipeline feront partie intégrante des programmes d'entretien.

3.5.5.4 Résultats

Les résultats de l'évaluation des risques sont résumés à partir du rapport de référence (Pipeline Systems Incorporated, 2005). Les risques ont été estimés en fonction d'une expérience acquise à l'échelle mondiale en matière d'opération et

à partir des conditions du projet pour chacune des trois types de catastrophes naturelles.

Glissements de terrain

Il n'y a pratiquement aucune expérience commerciale qui atteste d'un endommagement du pipeline suite à un glissement de terrain. La mise en œuvre du plan projeté et des techniques de construction proposées fera en sorte que le pipeline sera sécuritaire. En fonction des résultats d'opération commerciale et du plan de conception du pipeline, le risque de rupture en raison d'un glissement de terrain est considéré faible.

Erosion hydrique

D'après les résultats d'opération commerciale, les méthodes de conception prévues offrent une protection adéquate aux franchissements des voies navigables. La conception robuste du pipeline projeté offre une forte résistance aux dommages mécaniques, même si celui-ci est exposé à une tempête violente. En fonction des résultats d'opération commerciale et des conditions propres au projet, le risque de rupture du pipeline attribuable à l'érosion hydrique est considéré faible, pour autant que des inspections adéquates de la servitude ainsi qu'un programme d'entretien, comprenant des réparations ponctuelles, soient effectuées.

Risques sismiques

Peu d'incidents ont été rapportés concernant la rupture d'un pipeline au cours d'un séisme et rien n'indique qu'un pipeline de pulpe a déjà été endommagé au cours d'un séisme. Les mesures de conception du pipeline qui sont prévues, y compris aux points où le pipeline croisera des failles, sont des mesures qui ont commercialement fait leurs preuves en opération commerciale et contribueront à réduire le risque de rupture du pipeline. En fonction de l'expérience de l'opération commerciale et du plan de conception du pipeline, le risque de rupture en raison d'un glissement de terrain est considéré faible.

3.5.5.5 Evaluation des impacts

Impacts résiduels

Suite à la mise en œuvre des mesures d'atténuation, les risques résiduels au cours de toutes les phases du projet sont considérés faibles et rencontrent les normes internationales permettant de réduire au minimum les risques pour le public et les ressources du milieu naturel en aval.

Niveau de confiance des prévisions

L'estimation des risques présentée dans le rapport de référence (Pipeline Systems Incorporated, 2005) tient compte de la variation des données et du niveau de confiance des prévisions comme le décrit la section 3.5.5.4. Toutefois, les niveaux de risque dépendent également de l'efficacité des mesures d'atténuation proposées, y compris celles énoncées à la section 3.5.5.3. Dans l'ensemble, le niveau de confiance des prévisions pour cette évaluation est considéré moyen.

Suivi

Les programmes de suivi du système de détection de fuites, d'inspection du tracé du pipeline et d'entretien sont résumés à la section 3.5.5.3.

3.5.5.6 Conclusions

Suite à la mise en œuvre de mesures d'atténuation, les risques accrus associés aux catastrophes naturelles que présente le pipeline pour le public et le milieu naturel sont considérés faibles et rencontrent les normes internationales.

3.6 HYDROLOGIE

3.6.1 Introduction

La construction du pipeline de pulpe impliquera le défrichement et l'excavation le long de la servitude du pipeline ainsi que la perturbation du lit du cours d'eau à plusieurs des points de franchissement. Des prélèvements et des rejets en eau seront nécessaires pour les essais hydrauliques du pipeline. Les changements touchant le ruissellement et les apports solides le long de la servitude peuvent être atténués par la mise en œuvre de mesures de lutte contre l'érosion et de saines pratiques de gestion. Pendant la période de construction, la perturbation de certains chenaux de rivière pourrait affecter les vitesses d'écoulement et les niveaux d'eau correspondants, ainsi qu'entraîner une augmentation des matières solides en suspension dans les tronçons en aval.

Une caractérisation de la morphologie des cours d'eau, des débits et des coupes transversales des chenaux a été réalisée afin de définir les conditions de référence le long du tracé du pipeline (volume I, annexe 8.1). Les données de référence disponibles sont résumées dans les sections suivantes afin d'évaluer les effets potentiels du projet Ambatovy (le projet) sur l'écoulement des cours d'eau et les apports sédimentaires.

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe est illustré à la figure 7.2-2 du volume A. Le secteur d'étude comprend une zone tampon d'un kilomètre des deux côtés du tracé, le long du corridor.

3.6.2 Résumé de l'étude de référence

3.6.2.1 Introduction

Les conditions de référence le long du pipeline de pulpe ont été caractérisées par l'analyse des données climatiques et hydrologiques disponibles (écoulement) sur les secteurs de la mine, l'usine de traitement située sur le littoral et les zones du port. L'étude de référence sur le climat et l'hydrologie est résumée dans les sections suivantes. Les détails figurent dans le volume I, annexe 8.1.

3.6.2.2 Méthodologie

L'information sur le climat de Madagascar a été principalement obtenue de Chaperon et al. (1993). Des renseignements sur le climat ont également été recueillis auprès de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), des

stations pluviométriques des gares ferroviaires régionales et du Ministère des travaux publics et des transports de Madagascar, Direction de la météorologie.

Des données d'écoulement spécifiques au site ont été recueillies à 12 points de franchissement de cours d'eau le long du tracé du pipeline. Des mesures de débit ont été prises au cours des mois de septembre et d'octobre 2004 afin de caractériser les débits à la fin de la saison sèche.

3.6.2.3 Résultats

Le pipeline de pulpe mesure environ 195 km de long et relie l'usine de préparation du minerai située sur le site de la mine à l'usine de traitement sur le littoral. Les premiers 30 km du pipeline descendent des hautes terres vers la plaine littorale; les températures moyennes annuelles sur ce tronçon passent d'environ 17 à 22 °C. Le tracé du pipeline se poursuit à partir du pied du second escarpement, traverse la plaine littorale et atteint finalement l'usine. Les températures moyennes annuelles le long de cette section dépassent les 24 °C.

Les précipitations annuelles moyennes le long du tracé du pipeline ont été estimées à partir des isohyètes (lignes sur une carte joignant les points où la hauteur de précipitation au cours d'une période donnée est la même) fournis dans Chaperon et al. (1993). La variation des précipitations est illustrée à la figure 3.6-1.

Aux fins de cette évaluation, les intensités de précipitations le long du corridor du pipeline ont été considérées semblables à celles de la mine ou du parc à résidus, dépendamment de l'emplacement et de la hauteur de pluie caractéristique du secteur. Les données maximales de précipitations mesurées pour le secteur du parc à résidus devraient s'appliquer à la plus grande partie du pipeline lorsqu'il traverse la plaine littorale. Toutefois, sur les premiers 30 km du tracé du pipeline, les hauteurs maximales de précipitations varieront entre celles mesurées sur le site de la mine et celles mesurées sur le littoral. Les hauteurs maximales de pluie en 24 heures ont été estimées entre la mine et le parc à résidus par interpolation des précipitations moyennes annuelles sur ces sites (tableau 3.6-1).

Les volumes de ruissellement dépendent de la taille du bassin de chaque cours d'eau ainsi que du ruissellement par unité de surface. Les estimations du ruissellement mensuel le long du tracé sont fournies au tableau 3.6-2 pour le début et la fin de la saison sèche, ainsi que pour la saison des pluies. Ces valeurs mensuelles et journalières extrêmes sont dérivées des écoulements fluviaux observés au cours de la saison de suivi 2004-2005.

Un résumé des mesures de débit prises aux points de franchissement des cours d'eau le long du tracé du pipeline est présenté au tableau 3.6-3.

Figure 3.6-1 Précipitations moyennes annuelles estimées le long du tracé du pipeline

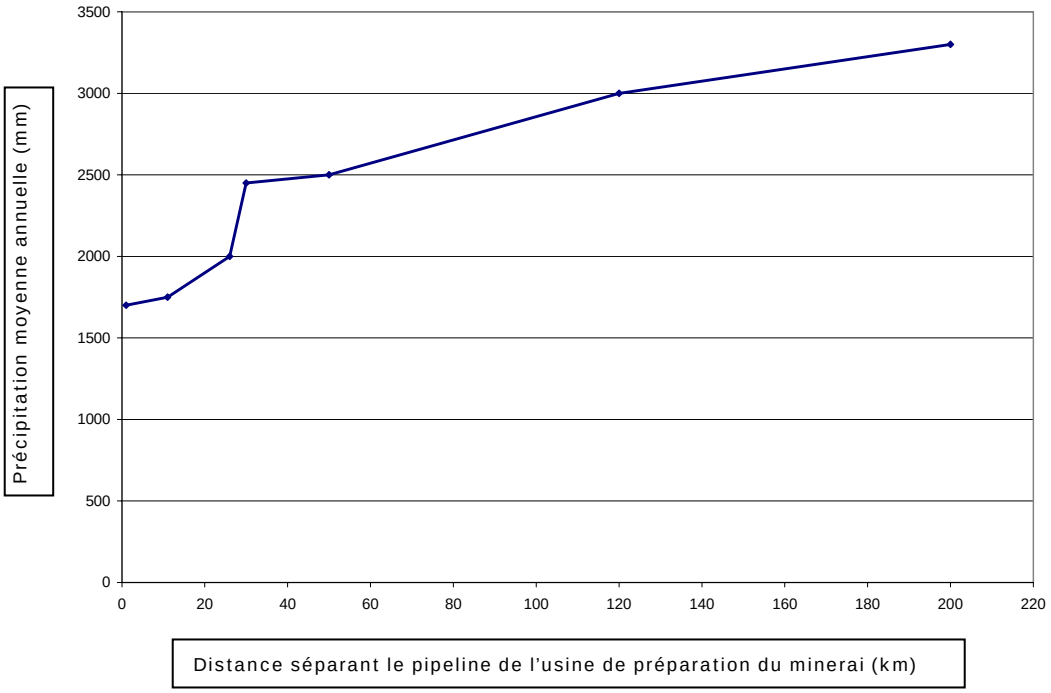


Tableau 3.6-1 Hauteur maximale de pluie en 24 heures

Secteur	Précipitations maximales en 24 heures (mm) pour diverses périodes de retour					
	2 ans	5 ans	10 ans	20 ans	50 ans	100 ans
pipeline km 0-30[(a)]	122-172	181-242	231-295	287-352	374-434	453-502
pipeline km 30-200[(b)]	172	242	295	352	434	502

(a) Interpolation entre les hauteurs de précipitations de la mine et du parc à résidus, fondée sur les différences entre les précipitations annuelles.

(b) Supposés similaires aux conditions au parc à résidus.

Tableau 3.6-2 Ruissellement mensuel et annuel typique estimé le long du tracé du pipeline (selon le programme de suivi 2004-2005)

Secteur	Précipitations annuelles	Ruissellement mensuel [a] (mm)			Ruisselle-ment annuel (mm)
		Début de saison sèche (avril-mai)	Fin de saison sèche (octobre-novembre)	Pointe de la saison des pluies (janvier- mars)	
Pipeline km 0-15	1 750	25-35	5-10	100-150	500-600
Pipeline km 15-25	2 000	50	15	140	730
Pipeline km 25-100	2 500	90	30	175	1 100
Pipeline km 100-130	3 000	125	40	200	1 500
Pipeline km 130-187	3 300	150	50	225	1 700

[a] Le ruissellement le long du pipeline est estimé par interpolation entre le secteur de la mine et le secteur du parc à résidus.

Tableau 3.6-3 Caractéristiques et débits des tronçons le long du tracé du pipeline

Point kilométrique du pipeline	Nom du cours d'eau	Superficie drainée (km^2)	Date de relevé	Largeur mouillée [a] (m)	Débit (m^3/s)
XR2+000	Vondronina (tronçons supérieurs de la rivière Torotorofotsy)	4,7	30 sept. 2004	3,5	0,58
XR7+510	Sans nom	~1	18 oct. 2004	1,2	0,04
XR16+100	Sahatany (affluent de la Sahatandra)	38	3 oct. 2004	7,2	1,10
X42+300[b]	Volove	28	19 oct. 2004	15,0	1,14
X107+200	Rianila (affluent de la Vohitra)	~1 860	25 sept. 2004	126	57,4
X136+200	Sahanavo	n/d	22 sept. 2004	77,0	18,4
X145+700	Morongolo	~1 000	16 oct. 2004	51,4	9,81
X157+700	Berohondry	n/d	12 oct. 2004	3,2	0,08
X175+200	Sandranentana (affluent de la Fanandrana)	n/d	13 oct. 2004	3,0	0,08
X178+900	Ivondro	~2 560	14 oct. 2004	183	50,0
E3 007+000[c][d]	Vohimana	6,5	30 sept. 2004	5,45	0,22
E3 011+950[d]	Sahatandra	~7	1er oct. 2004	26,5	9,66

[a] Largeur mouillée au point de mesure de débit.

[b] Enregistré comme 041+600 (même rivière à moins de 1 km).

[c] Enregistré comme E3 005+150.

[d] Localisation du point de franchissement alternatif du cours d'eau

n/d = Non disponible

~ = Indique une superficie drainée approximative.

3.6.3 Portée des enjeux

Les enjeux du projet en matière d'hydrologie ont été identifiés lors de consultations avec des parties prenantes et par l'examen des études d'impact environnemental antérieures concernant l'exploitation des ressources à Madagascar et ailleurs. Comme le décrit le volume A, les enjeux ont été identifiés, compilés et résumés de façon très détaillée aux fins de l'étude d'impact. Les enjeux en matière d'hydrologie sont les suivants:

- les changements dans les débits, les niveaux d'eau et les charges solides qui pourraient altérer la morphologie des chenaux et les concentrations en matières solides
- les changements dans la disponibilité de l'eau pour divers usages (consommation humaine et animale, irrigation et habitat aquatique)

Pour les deux zones d'enjeux, une grande préoccupation soulevait l'importance que le pipeline n'affecte pas à la fois la quantité et la qualité de l'eau du marais de Torotorofotsy. Les indicateurs clés de changements attribuables au projet sont les débits, les niveaux d'eau, les concentrations en matières solides et la morphologie des chenaux. Ces changements peuvent également avoir une incidence sur la qualité de l'eau, la santé des poissons, la végétation (marais) et les composantes socio-économiques du projet.

Voici les questions clés relatives à l'hydrologie dans le secteur du pipeline de pulpe:

Question clé H-1 **Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur les débits et les niveaux d'eau des plans d'eau?**

Question clé H-2 **Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur les concentrations en matières solides des plans d'eau?**

3.6.4 Évaluation des impacts

3.6.4.1 Évaluation des liens d'impact

Comme l'illustre le diagramme de liens sur l'hydrologie de surface, dans l'annexe 9 du volume H, les activités du projet menées pendant la construction du pipeline pourraient entraîner les effets suivants: i) des changements dans les débits et les niveaux d'eau des plans d'eau récepteurs; et ii) des changements dans les concentrations en matières solides. Ces changements pourraient se produire le long de la servitude du pipeline, aux points de franchissement des

cours d'eau, en raison de la perturbation du lit du cours d'eau pendant la construction ainsi que des prélèvements et des rejets d'eau associés aux essais hydrauliques du pipeline.

Les changements dans les débits et les niveaux d'eau, parallèlement aux changements dans les apports sédimentaires, pourraient aussi affecter la morphologie des chenaux, étant donné que ceux-ci tentent de parvenir à des nouvelles conditions d'équilibre.

Les changements dans les débits, les niveaux d'eau et les concentrations en matières solides des plans d'eau récepteurs peuvent également affecter la qualité de l'eau, les poissons et les ressources aquatiques, les composantes socio-économiques et l'occupation du sol. Les utilisateurs d'eau sont décrits dans les rapports de référence sur les aspects socio-économiques et l'occupation du sol (volume K, annexes 1.1 et 3.1) et les impacts des changements hydrologiques sur les utilisateurs d'eau sont décrits dans les rapports de l'EIE sur les aspects socio-économiques et l'occupation du sol (sections 5.1 et 5.3, volume C).

3.6.4.2 Méthodes d'évaluation

Les changements concernant les débits, les niveaux d'eau et les concentrations en matières solides des cours d'eau récepteurs ont été évalués en fonction d'une évaluation qualitative des mesures d'atténuation proposées, des caractéristiques hydrologiques des cours d'eau et des techniques de construction.

3.6.4.3 Critères de description des impacts

Les critères d'évaluation utilisés pour l'hydrologie sont présentés au tableau 3.6-4.

Tableau 3.6-4 Critères de description des impacts et notes pour le projet Ambatovy - hydrologie

Ressource	Orientation [a]	Intensité [b]	Portée géographique[c]	Durée [d]	Réversibilité[e]	Fréquence [f]
Hydrologie	**Effet positif**, **négatif** ou **neutre** au niveau des résultats aux points de mesure	**négligeable**: changement < 5% **faible**: changement de 5 à 10 % **moyenne**: changement de 10 à 30 % **forte**: changement >30 %	**locale**: effet restreint au secteur local d'étude **régionale**: effet s'étendant au-delà du secteur local d'étude **supra-régionale**: effet s'étendant au-delà du secteur régional d'étude	**à court terme**: <3 ans **à moyen terme** : de 3 à 30 ans **à long terme** : >30 ans	**réversible** ou **Irréversible**	**faible**: se produit une fois **moyenne**: se produit par intermittence (1 à 10 fois par année) **élevée**: se produit en continu (>10 fois par année)

(a) Orientation : effet positif ou négatif au niveau des résultats aux points de mesure, selon la définition qui en est donnée pour la composante correspondante.

(b) Intensité : degré de changement au niveau des points de mesure.

(c) Portée géographique : secteur touché par l'impact.

(d) Durée : période de temps au cours de laquelle l'impact environnemental se fait sentir. Il faut prévoir une période de construction de 3 ans et une période d'opération de 27 ans.

(e) Réversibilité : l'effet sur la ressource (ou la capacité de la ressource) peut être ou non réversible.

(f) Fréquence : nombre de fois où l'impact environnemental se produit.

3.6.4.4 Mesures d'atténuation

Afin de réduire les impacts sur les débits, les niveaux d'eau et les concentrations en matières solides, le projet Ambatovy mettra en œuvre les mesures suivantes :

- le choix de la saison, du moment et de la méthode de construction qui minimise la génération de matières solides en suspension aux points de franchissement des cours d'eau
- la mise en place de mesures de lutte contre l'érosion, de revégétalisation, de meilleures pratiques de gestion afin de contrôler le débit solide le long de la servitude du pipeline pendant et après la construction
- l'inspection régulière des secteurs perturbés et des franchissements des cours d'eau
- la sélection des emplacements et des taux de prélèvement/rejet d'eau pour minimiser les changements dans les niveaux d'eau et les concentrations en matières solides associés aux essais hydrauliques du pipeline

3.6.4.5 Résultats de la question clé H-1 : Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur les débits et les niveaux d'eau des plans d'eau?

Servitude du pipeline

La construction et l'installation du pipeline entraîneront la perturbation du sol, notamment le débroussaillage, l'excavation, le remblayage et le compactage. Ces activités engendreront une augmentation des débits de ruissellement en provenance des secteurs perturbés par rapport aux conditions de référence. Toutefois, le pourcentage de secteur perturbé dans un bassin donné est généralement très petit relativement à l'ensemble de la superficie drainée. Les changements dans les débits et les niveaux d'eau des cours d'eau récepteurs ne devraient pas être mesurables, pourvu que les meilleures pratiques de gestion soient appliquées et que les canaux de drainage naturels soient maintenus. Tout ruissellement augmenté pendant la période de construction diminuera une fois que les secteurs seront réhabilités et à mesure que la végétation repoussera au cours des phases d'opération et de fermeture.

Franchissements de cours d'eau du pipeline

La construction du pipeline de pulpe comprendra le long du tracé environ 100 franchissements de cours d'eau de diverses tailles. Les franchissements ont déjà fait l'objet d'une évaluation initiale en vue de faciliter la conception du tracé du pipeline. Avant la construction, une équipe environnementale procédera à l'évaluation sur place des franchissements et déterminera les secteurs les plus vulnérables. Dans la mesure du possible, le tracé du pipeline sera réajusté par le biais d'un concept ou d'un tracé modifié, de façon à éviter ou minimiser les impacts sur les secteurs vulnérables.

D'après l'évaluation initiale, des franchissements aériens devraient être nécessaires à deux rivières (K.P. 68.6 et 70.3) ainsi qu'à plusieurs petits cours d'eau dans des vallées profondes et étroites. Un forage souterrain dirigé pourrait être réalisé, dans certains cas, pour éviter de perturber les cours d'eau. Dans quel cas, aucun changement dans les débits, les niveaux d'eau ou les concentrations en matières solides n'est prévu.

La plupart des franchissements seront enfouis et nécessiteront l'excavation sur toute la section du chenal, la pose du tuyau et le remblayage de la tranchée. La construction des franchissements sera conduite généralement pendant les conditions d'étiage, de façon à minimiser les hauteurs d'eau et la quantité de matières solides en suspension générée et transportée vers les tronçons aval. Dans la mesure du possible, l'eau sera détournée sur un côté du cours d'eau pour assurer une zone de travail relativement sèche de l'autre côté. Plusieurs

techniques peuvent être utilisées pour isoler des secteurs en vue de la construction. Sur les plus grands cours d'eau, des batardeaux peuvent être utilisés. Sur les cours d'eau plus petits, des bermes de détournement peuvent être mises en place en travers du chenal en amont et en aval de la zone de construction, et l'eau, soit transportée par gravité, soit pompée à travers le site de construction. Les effets sur les niveaux d'eau devraient être élevés pendant la période de construction; toutefois, la durée sera courte, c.-à-d. de l'ordre de quelques d'heures pour de petits cours d'eau et jusqu'à quelques jours pour de très grands cours d'eau.

Aucun effet sur les débits et les niveaux d'eau n'est prévu dans les cours d'eau au cours de l'opération et après la fermeture, pourvu que des mesures de revégétalisation et de lutte contre l'érosion soient appliquées et que les berges soient stabilisées. Les spécifications liées à la conception et à la construction, par ex., les profondeurs minimales d'enfouissement, la taille des matériaux de blindage et les marges de reculement des coudes inférieurs, minimiseront aussi la possibilité d'une instabilité du chenal et d'un changement géomorphologique.

Essais hydrauliques du pipeline

Des prélèvements d'eau des rivières et/ou des cours d'eau seront nécessaires dans le cadre des essais hydrauliques du pipeline. Le pipeline sera testé par sections, ce qui pourrait nécessiter de multiples prélèvements d'eau sur toute sa longueur. Les volumes et les taux de prélèvement seront précisés à des étapes ultérieures du projet. Les emplacements de prélèvement seront également choisis de manière à minimiser les changements dans les plans d'eau perturbés. L'eau sera généralement déversée dans les secteurs végétalisés désignés. Toute eau directement déversée dans les plans d'eau récepteurs sera contrôlée afin de minimiser les impacts sur le débit et de s'assurer que la qualité de l'eau n'est pas mise en jeu.

3.6.4.6 Résultats de la question clé H-2 : Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur les concentrations en matières solides des plans d'eau?

Servitude du pipeline

Les travaux de défrichement et d'excavation associées à la servitude du pipeline mettront à découvert de grands volumes de sédiments et pourraient entraîner un transport accru des matières solides en provenance des secteurs perturbés. Afin de réduire l'exposition des sédiments, les activités de construction et les zones de travaux effectifs seront séparées en phases. Des mesures de lutte contre l'érosion et de contrôle du débit solide seront également mises en œuvre afin de limiter la quantité de matières solides transportées hors de la zone de construction. Des

exemples typiques de pratiques de lutte contre l'érosion et de contrôle du débit solide sont présentés au tableau 3.6-5. Tout au long de la construction et de l'opération du pipeline, l'efficacité des mesures de contrôle sera suivie de près. De la maintenance et des réparations seront effectuées au besoin. Toute augmentation des apports sédimentaires attribuable à la construction diminuera une fois que les secteurs perturbés seront réhabilités et à mesure que la végétation repoussera au cours des phases d'opération et de fermeture.

Tableau 3.6-5 Exemples typiques de mesures de lutte contre l'érosion et de contrôle du débit solide

Type	Application	Exemples
Procédures	Gestion du site	Exposition minimale des sols; contrôle du périmètre; gestion d'accès au site; gestion des piles de stockage
	Planification	Optimisation de la séquence de construction; mise en place rapide de saines pratiques de gestion; restauration et réhabilitation rapides
Gestion de l'eau	Divers	Dérivations; conception adéquate des canaux de drainage; gestion des eaux souterraines peu profondes
Lutte contre l'érosion	Protection des surfaces exposées	Paillage; plantation d'arbres et d'arbustes; préservation de la zone riveraine
	Contrôle du ruissellement	Terrassement; drains; fossés et digues de dérivation
Contrôle du débit solide	Infiltration	Bandes tampons; bottes de foin
	Décantation	Clôtures anti-érosion, bermes de roches, trappes et bassins à sédiments

Source : adapté de TAC, 2005.

Franchissements de cours d'eau par le pipeline

La plupart des franchissements de cours d'eau seront enfouis et nécessiteront l'excavation sur toute la section du chenal, la pose du tuyau et le remblayage de la tranchée. La construction des franchissements sera conduite généralement dans les conditions d'étiage, de façon à minimiser les hauteurs d'eau et la quantité de matières solides en suspension générée et transportée vers les tronçons en aval. Comme pour les niveaux d'eau, les effets sur les concentrations en matières solides devraient être importants pendant la période de construction et devraient se produire sur une courte durée, c.-à-d. de l'ordre de quelques d'heures pour de petits cours d'eau et jusqu'à quelques jours pour de très grands cours d'eau. Un premier apport de matières solides en suspension est également prévu au début de la saison des pluies, lorsque les débits de pointe transportent des matières solides décrochées antérieurement vers les secteurs en aval. Aux emplacements où des franchissements aériens sont utilisés, les activités de construction n'affecteront pas le chenal du cours d'eau; par conséquent, aucun changement n'est prévu dans les concentrations en matières solides.

Aucun effet sur les concentrations en matières solides n'est prévu dans les cours d'eau au cours de l'opération et après la fermeture, pourvu que des mesures de revégétalisation et de lutte contre l'érosion soient appliquées et que les berges soient stabilisées. Les spécifications liées à la conception et à la construction, par exemple, les profondeurs minimales d'enfouissement, la taille des matériaux de blindage et les retraits des coudes verticaux supérieurs, minimiseront aussi la possibilité d'une instabilité du chenal et d'un changement géomorphologique.

Les profondeurs d'enfouissement du pipeline seront d'au moins 1,2 m en dessous du fond du lit du cours d'eau rocheux et de 2 m sous le lit du cours d'eau en terre. Les calculs spécifiques au site de la hauteur d'affouillement seront effectués pour les cours d'eau dont la hauteur d'affouillement maximale associée à la crue centennale devrait être supérieure à la couverture minimale mentionnée ci-dessus. Ces estimations reposent sur les caractéristiques propres au site, comprenant les descriptions du substrat, la forme de la section en travers du chenal, sa largeur, les débits de projet, etc. Cette information sera recueillie et appliquée lors de l'étape de conception détaillée du pipeline.

Essais hydrauliques du pipeline

Les prélèvements d'eau aux fins d'essais hydrauliques ne devraient pas avoir d'effet sur les concentrations en matières solides. Les effets attribuables aux rejets de l'eau des essais seront réduits par l'évacuation vers des secteurs végétalisés et par l'utilisation de mesures de contrôle du débit solide dans ces secteurs. Tous les rejets directs dans les plans d'eau récepteurs seront contrôlés afin de minimiser les perturbations de débit et de s'assurer que les critères sur la qualité de l'eau déversée sont rencontrés.

3.6.5 Analyse des impacts

3.6.5.1 Impacts résiduels

Pendant la période de construction, la servitude du pipeline de pulpe devrait avoir des effets négligeables sur les débits et les niveaux d'eau, et des effets faibles à moyens sur les concentrations en matières solides des plans d'eau récepteurs. Au cours de l'opération et après la fermeture, les effets devraient être négligeables à faibles en raison des mesures d'atténuation proposées, des mesures de lutte contre l'érosion et de la revégétalisation de la servitude. Les impacts seront de courte durée; ainsi, la conséquence sur l'environnement est estimée négligeable à faible. Les impacts résiduels sont résumés dans le tableau 3.6-6.

La construction des franchissements souterrains entraînera des impacts de forte intensité sur les débits et les niveaux d'eau dans le voisinage immédiat des

franchissements, mais des impacts faibles à négligeables en aval de ceux-ci. Aux franchissements qui nécessitent une construction dans le cours d'eau, l'impact sur les concentrations en matières solides sera élevé, mais de très courte durée (de l'ordre de quelques heures et journées plutôt qu'en terme de mois et d'années). La portée des effets étant locale, la conséquence sur l'environnement est donc considérée moyenne selon le tableau 3.6-4. Aucun effet n'est prévu au cours de l'opération et après la fermeture, pourvu que des mesures de lutte contre l'érosion soient mises en œuvre et que les berges des cours d'eau soient stabilisées.

L'emplacement des prélèvements et des rejets aux fins d'essais hydrauliques sera déterminé dans le cadre de la conception détaillée. Les volumes mis en cause dans les essais seront limités, et les impacts des prélèvements et des rejets seront minimisés en fonction de la taille des cours d'eau (utilisation des cours d'eau plus grands et des rivières), des secteurs récepteurs ainsi que de la qualité et de la quantité d'eau déversée. Tout changement dans les débits, les niveaux d'eau et la qualité de l'eau devrait avoir une intensité négligeable à faible. Ces impacts seront de portée locale et de courte durée. La conséquence sur l'environnement associée à ces types d'effets est considérée négligeable.

Tableau 3.6-6 Classification des impacts résiduels sur l'hydrologie

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu: Changements des écoulements et des niveaux d'eau des plans d'eau récepteurs							
Construction	Négative	**Servitude:** négligeable **Franchissements de cours d'eau:** forte **Essais hydrauliques:** Négligeable à faible	Locale	Court-terme	Oui	**Servitude:** Élevée (conditions moyennes) **Franchissements de cours d'eau:** faible **Essais hydrauliques:** faible	**Servitude:** négligeable **Franchissements de cours d'eau :** moyenne[(a)] **Essais hydrauliques :** négligeable
Opération/fermeture	Négative	Négligeable	Locale	Moyen à long-terme	Oui	Élevée (conditions moyennes)	Négligeable
Enjeu: Changements des concentrations en matières solides des plans d'eau récepteurs							
Construction	Négative	**Servitude:** faible à moyenne **Franchissements de cours d'eau:** forte **Essais hydrauliques:** négligeable	Locale	Court-terme	Oui	Élevée (conditions moyennes) **Franchissements de cours d'eau:** faible **Essais hydrauliques:** faible	**Servitude :** faible **Franchissements de cours d'eau:** moyenne **Essais hydrauliques :** négligeable
Opération/fermeture	Négative	Négligeable à faible	Locale	Moyen à long-terme	Oui	Élevée (conditions moyennes)	Négligeable à faible

[(a)] À très court terme (en termes d'heures et de jours).

3.6.5.2 Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions associé aux changements dans les débits, les niveaux d'eau et les concentrations en matières solides attribuables à l'aménagement du pipeline de pulpe est considéré moyen à élevé. Les changements d'intensité moyenne à forte dans ces caractéristiques sont principalement associés à la construction de franchissements de cours d'eau et aux prélèvements d'eau aux fins d'essais hydrauliques. Dans les deux cas, puisque la durée sera courte, le taux d'impact maximal en terme de conséquences sur l'environnement sera moyen. Le niveau de confiance des prévisions associé à la servitude du pipeline et à l'augmentation des concentrations en matières solides est considéré moyen étant donné les mesures de lutte contre l'érosion qui permettent de limiter le transport des matières solides en suspension depuis les secteurs perturbés jusqu'aux plans d'eau récepteurs.

3.6.5.3 Surveillance

Des inspections visuelles régulières seront effectuées au cours de la construction du pipeline afin de veiller à l'efficacité des mesures de lutte contre l'érosion et de contrôle du débit solide. Au cours des travaux dans les cours d'eau, toutes les mesures de contrôle seront appliquées et révisées au besoin afin de restreindre le transport des matières solides en suspension vers des zones hors site. Pendant l'opération, des inspections régulières de la servitude du pipeline et des franchissements des cours d'eau permettront aussi de surveiller et d'évaluer l'efficacité des mesures de lutte contre l'érosion, de stabilisation des pentes et des berges, et de revégétalisation et réhabilitation des secteurs, comme décrit dans la section 6 du volume B. Les taux de prélèvement et de rejet d'eau seront contrôlés de façon à minimiser les impacts à court terme sur le débit et tout effet potentiel d'érosion. La surveillance des prélèvements et des rejets d'eau dans le cadre des essais hydrauliques permettra également de s'assurer que les exigences réglementaires et relatives au permis sont respectées en tout temps.

3.6.6 Conclusions

La construction des franchissements de rivière(s) par le pipeline pourrait entraîner un niveau moyen de conséquences sur l'environnement relativement aux débits, aux niveaux d'eau et aux concentrations en matières solides des plans d'eau affectés. La construction de la servitude du pipeline devrait avoir un effet faible à moyen sur les concentrations en matières solides, alors que les essais hydrauliques devraient occasionner un effet négligeable sur les débits et les niveaux d'eau. La conséquence sur l'environnement associée aux autres activités de construction, au cours de l'opération comme après la fermeture, devrait varier de négligeable à faible.

3.7 QUALITE DE L'EAU

3.7.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets du pipeline de pulpe sur la qualité des eaux et des sédiments selon les Termes de référence du projet Ambatovy (le projet), qui sont décrits au volume H, annexe 1.

La construction du pipeline de pulpe impliquera des activités de défrichement et d'excavation le long du tracé du pipeline, ainsi que des perturbations du lit des cours d'eau au franchissement de ceux-ci. La perturbation des canaux durant la construction pourrait affecter la qualité de l'eau et des sédiments en aval. Les essais hydrostatiques du pipeline pourraient aussi requérir le prélèvement et le rejet d'eau. Le rejet des eaux des essais hydrostatiques pourrait affecter la qualité de l'eau et des sédiments.

Les données de terrain sur la qualité de l'eau ont été mesurées le long du tracé du pipeline (volume I, annexe 9.1) et sont résumées brièvement à la section 3.7.3 ci-dessous. Les données disponibles relativement à la qualité de l'eau aux conditions de référence sont résumées dans la présente section, qui vise à évaluer les effets potentiels du projet sur la qualité de l'eau.

3.7.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe est illustré au volume A, figure 7.2-2; il s'agit du même secteur que le secteur local d'étude de l'hydrologie. Le secteur d'étude comprend une zone tampon de 1 km de part et d'autre du tracé (2 km de large au total), le long du corridor du pipeline.

3.7.3 Résumé de l'étude de référence

Des mesures sur le terrain ont été prises aux stations établies sur des cours d'eau le long du tracé du pipeline de pulpe proposé. Les cours d'eau étaient légèrement acides à légèrement alcalins avec des pH variant entre 6,2 et 7,6. Les températures variaient de 17,5 à 27°C, et les taux d'oxygène dissous étaient généralement équivalents ou légèrement inférieurs au point de saturation.

D'après le système de classification de Madagascar pour la qualité des eaux de surface, cinq cours d'eau ont été classés dans la classe A, ce qui indique que ces cours d'eau conviennent à des usages multiples, y compris la baignade. Sept des cours d'eau ont été classés dans la classe B, ce qui indique que bien que l'eau de

ces cours d'eau convienne aux loisirs sans contact, la baignade pourrait y être interdite.

Madagascar n'a pas de lignes directrices sur la qualité de l'eau visant à protéger la vie aquatique. En l'absence de lignes directrices nationales, les lignes directrices internationales établies par d'autres juridictions, y compris le Canada (Conseil canadien des ministres de l'Environnement [CCME] 2003) et les Etats-Unis (United States Environmental Protection Agency [USEPA] 2004), ont été utilisées pour réaliser une évaluation préliminaire des niveaux de référence en ce qui concerne la qualité de l'eau. Lorsque les lignes directrices du CCME et de l'USEPA pour la protection de la vie aquatique différaient, les données sur la qualité de l'eau du site ont été comparées à la ligne directrice la plus sévère. Tous les résultats respectaient les lignes directrices de l'USEPA et du CCME pour la protection de la vie aquatique en ce qui a trait au pH et à l'oxygène dissous. Les lignes directrices du sud-africaines pour la protection des écosystèmes aquatiques (Department of Forest and Water Affairs 1996) ont aussi été utilisées comme point de référence dans l'évaluation des résultats, puisqu'il s'agit d'un ensemble de directives pour l'évaluation de la qualité de l'eau à la fois reconnu à l'échelle régionale et établi par la juridiction étrangère la plus rapprochée du secteur local d'étude.

Des détails supplémentaires concernant les conditions de référence sont fournis au volume I, annexe 9.1.

3.7.4 Portée des enjeux

Les enjeux sur la qualité de l'eau se rapportant au projet ont été cernés par consultation auprès des parties prenantes. Tel que décrit au volume A, les enjeux ont été cernés, suivis et résumés au plus haut niveau de considération dans l'étude d'impact.

Les aspects suivants reliés au pipeline de pulpe pourraient affecter la qualité des cours d'eau de surface le long du tracé proposé :

- défrichement et préparation du site le long du tracé du pipeline
- traversée des cours d'eau par du matériel lourd
- tranchées traversant les plans d'eau
- essais hydrostatiques sur le pipeline
- fuites et déversements accidentels
- désaffectation du pipeline.

Les liens entre les activités du projet et leurs effets sur la qualité de l'eau et des sédiments sont illustrés à la figure 9-11, volume H, annexe 9. Les effets potentiels sur la qualité de l'eau et des sédiments peuvent survenir durant toutes les phases du projet, y compris la construction, l'opération et ainsi qu'après sa fermeture.

La question clé au sujet de la qualité de l'eau et des sédiments est :

Question clé QESF-2 Quels seront les impacts du pipeline de pulpe sur la qualité de l'eau et des sédiments ?

3.7.5 Evaluation des impacts

Le tracé du pipeline de pulpe a une longueur totale d'environ 195 km, soit du site de la mine à Ambatovy jusqu'à l'usine de traitement à Toamasina, située sur la côte (volume A, figure 7.2-2). Sur les 30 premiers kilomètres, le tracé descend des hautes terres vers la plaine côtière. Sur la portion restante, le tracé longe la base de l'escarpement, traverse la plaine côtière et aboutit à l'usine. Le tracé rencontre plusieurs cours d'eau (ruisseaux, rivières et marais) qui pourraient potentiellement être affectés par les activités de construction, d'opération et post-fermeture liées au pipeline de pulpe.

Durant la phase de construction, la préparation et le défrichement du site pourraient entraîner une augmentation des concentrations de matières solides en suspension dans les cours d'eau et plans d'eau récepteurs. Les sédiments pourraient aussi être mobilisés durant l'installation du pipeline aux franchissement des cours d'eau et plans d'eau. Les changements aux taux de solides en suspension sont abordés dans la section Hydrologie (volume C, section 3.7). Les sédiments de fond qui sont perturbés durant l'installation du pipeline pourraient occasionner l'émission de paramètres de la qualité de l'eau qui sont généralement associées aux matières particulaires.

Le prélèvement d'eau aux fins des essais hydrostatiques du pipeline sera requis au cours des phases de construction et d'opération. Le prélèvement et le rejet d'eau des essais hydrostatiques pourraient causer des changements au débit et aux caractéristiques hydrauliques locales du cours d'eau ou plan d'eau. Les changements du débit et des caractéristiques hydrauliques pourraient potentiellement causer la mobilisation des sédiments de fond dans la colonne d'eau, ainsi que l'émission de contaminants adhérant aux particules solides.

Si un bris du pipeline se produisait, les déversements de substances chimiques dans les cours d'eau et plans d'eau récepteurs pourraient potentiellement changer la qualité des eaux de surface et des sédiments de fond en aval du

franchissement. Les déversements se produisant durant la construction ou les fuites survenant durant la phase d'opération pourraient aussi affecter la qualité de l'eau.

Enfin, l'érosion produite durant la phase de démantèlement pourrait potentiellement introduire dans les plans d'eau des solides et des paramètres de la qualité de l'eau associés aux sédiments. Les changements à la qualité de l'eau, particulièrement pour les métaux et nutriments qui ont une forte tendance à être adsorbés aux particules solides, pourraient occasionner des changements à la qualité des sédiments dans les cours d'eau et plans d'eau récepteurs.

3.7.5.1 Méthodes d'évaluation

En général, les effets sur la qualité de l'eau associés aux activités de construction, d'opération et de démantèlement du pipeline de pulpe devraient être faibles grâce à l'utilisation de mesures d'atténuation appropriées. Les changements potentiels à la qualité de l'eau et des sédiments sont abordés dans les méthodes d'évaluation sous les aspects suivants reliés à la construction, à l'opération et/ou au démantèlement du pipeline :

- emprise
- franchissements de cours d'eau et plans d'eau
- essais hydrostatiques
- bris et déversement.

Le potentiel de changements additifs à la qualité de l'eau et des sédiments causés par le pipeline de pulpe et autres composantes du projet, y compris la mine, l'usine de traitement et le parc à résidus, sont également évaluées.

Emprise

La construction de l'emprise du pipeline entraînera des perturbations aux sols, y compris l'enlèvement de végétation, l'excavation, le remblayage et le compactage. Ces activités produiront des taux de ruissellement plus élevés pour les zones perturbées qui pourraient résulter en une augmentation des charges de solides et des contaminants dans l'eau à des concentrations supérieures aux conditions de référence. Toutefois, le pourcentage de la superficie perturbée d'un bassin versant donné est généralement très petit par rapport à la superficie totale du bassin versant. Les changements à la qualité de l'eau et des sédiments dans les cours d'eau récepteurs devraient être négligeables à condition que les meilleures pratiques de gestion soient utilisées et que les réseaux de drainage naturels soient maintenus. Tous les changements à la qualité de l'eau et des

sédiments causés par des augmentations du ruissellement durant la construction iront en s'atténuant, de sorte à ce que la qualité de l'eau revienne aux concentrations de référence une fois les secteurs perturbés réhabilités et la végétation rétablie lors des phases d'opération et de fermeture.

Franchissements de cours d'eau et plans d'eau

La construction du pipeline de pulpe comportera environ une centaine de franchissements de cours d'eau et de plans d'eau le long du tracé. Tel qu'indiqué à la section portant sur l'hydrologie (volume C, section 3.6), une évaluation détaillée de chaque franchissement effectuée avant la construction permettra d'identifier les secteurs les plus sensibles. Les impacts sur ces secteurs sensibles seront évités ou minimisés par le choix du tracé du pipeline, au moyen de franchissements aériens ou par l'application de mesures d'atténuation supplémentaires appropriées.

D'après l'évaluation initiale, les franchissements aériens seront requis pour deux rivières ainsi qu'à plusieurs cours d'eau plus petits à vallées profondes et étroites (volume C, section 3.6). Le franchissement de la rivière Ivondro au sud de l'installation du parc à résidus et de l'usine sera effectué par forage dirigé. En pareils cas, les activités de construction n'affecteront pas le chenal du cours d'eau; par conséquent, aucun changement à la qualité de l'eau et des sédiments ne devrait survenir.

La plupart des franchissements seront enfouis et comporteront l'excavation à travers le chenal de rivière, la pose de la conduite et le remblayage de la tranchée. La construction des franchissements sera généralement effectuée en conditions de débit d'étiage afin de minimiser la quantité de solides en suspension générés et transportés en aval. Les meilleures pratiques de gestion seront utilisées pour lutter contre l'érosion et minimiser l'entrée de solides dans l'eau par voie de ruissellement provenant des secteurs perturbés. Les concentrations de paramètres de la qualité de l'eau associés aux matières particulaires (c.-à-d. nutriments et métaux) pourraient augmenter temporairement à cause à l'émission de ces paramètres à partir des sédiments de fond qui auraient été perturbés. L'augmentation des concentrations pour ces paramètres devrait être de courte durée (c.-à-d. de quelques heures pour un franchissement de petites dimensions à quelques jours pour un franchissement plus grand); par conséquent, les effets d'ensemble prévus sur la qualité de l'eau durant la construction sont négligeables.

Aucun effet sur la qualité de l'eau ou des sédiments dans les cours d'eau n'est prévu durant les phases d'opération ou après la fermeture grâce à la mise en œuvre des meilleures pratiques de gestion et la stabilisation et réhabilitation des

berges. Les spécifications de conception et de construction, énoncées dans la section portant sur l'hydrologie (volume C, section 3.6), permettront également de réduire la possibilité que des solides soient introduits par suite de l'instabilité du chenal de rivière ou d'un changement géomorphique.

Essais hydrostatiques

Pour la réalisation des essais hydrostatiques du pipeline, le prélèvement d'eau des rivières et /ou ruisseau sera nécessaire. Le pipeline sera mis à l'essai par sections, ce qui pourrait nécessiter plusieurs points de prélèvement d'eau le long du tracé. Les volumes et débits à prélever seront spécifiés à des étapes ultérieures du projet. Aussi, les points de prélèvement seront choisis afin de minimiser les changements possibles à la qualité de l'eau et des sédiments dans les cours d'eau et plans d'eau affectés. L'eau sera généralement rejetée dans des secteurs désignés avec couverture végétale, mais pourrait aussi être déversée directement dans les cours d'eau et plans d'eau. Cependant, avant toute décharge, la qualité de l'eau rejetée devra satisfaire aux critères des effluents requis qui seront fonction des facteurs suivants :

- environnement récepteur (c.-à-d. secteur avec couvert végétal, cours d'eau ou plan d'eau)
- volume de décharge (débit et durée) et concentrations
- capacité d'assimilation de l'environnement récepteur (c.-à-d. débit et concentrations des paramètres de la qualité de l'eau, si l'environnement récepteur est un cours d'eau).

Bris et déversement

Un bris du pipeline ou des déversements provenant du pipeline pourraient aussi affecter la qualité de l'eau et des sédiments et ainsi limiter les usages de l'eau en aval, en fonction de l'intensité, de la durée et de l'emplacement du déversement ou rejet, du type de matériau et des conditions météorologiques. Le risque de bris du pipeline sera minimisé grâce à l'utilisation de méthodes adéquates de conception et de construction. Durant l'opération, un programme de surveillance permettra de :

- détecter immédiatement les bris majeurs du pipeline
- détecter les bris mineurs (c.-à-d. une fuite dans le pipeline)
- identifier les bris possibles du pipeline.

Bien qu'aucun rejet ou déversement accidentel n'ait été évalué dans la section sur la qualité de l'eau, des mesures d'atténuation ont été identifiées pour réduire et

minimiser les effets de ces événements. De plus, des systèmes de gestion environnementale seront élaborés et mis en place afin de minimiser l'occurrence possible, caractériser les changements à la qualité de l'eau et des sédiments et réduire les effets probables associés si un tel événement devait se produire.

3.7.5.2 Mesures d'atténuation

Pour atténuer les effets sur la qualité de l'eau et des sédiments, les mesures d'atténuation suivantes pour le pipeline de pulpe seront mises en œuvre dans le cadre du projet d'Ambatovy :

- gestion du choix du moment, de la chronologie et des méthodes de construction afin de minimiser la génération de solides aux franchissements des cours d'eau et plans d'eau
- évaluation détaillée des franchissements proposés qui sera réalisée immédiatement avant la construction afin de déterminer la nécessité d'apporter des ajustements mineurs au tracé du pipeline pour éviter ou minimiser les impacts sur des zones sensibles
- recours à d'autres mesures de lutte contre l'érosion durant les phases de construction et de démantèlement
- revégétalisation et autres mesures de lutte contre l'érosion le long de l'emprise du pipeline après la construction
- rejet des eaux servant aux essais hydrostatiques, soit dans des cours d'eau ou plans d'eau caractérisés par des volumes et/ou débits suffisants pour maximiser la dilution, soit dans des zones avec couverture végétale de dimensions suffisantes pour minimiser les impacts
- inspection régulière des secteurs perturbés et des franchissements des cours d'eau et plans d'eau
- mise en œuvre des meilleures pratiques de gestion pour la manutention et le stockage de toutes les matières dangereuses
- élaboration et mise en œuvre d'un plan d'intervention d'urgence intégré au système de gestion environnementale.

3.7.6 Analyse des impacts

3.7.6.1 Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions associées aux changements à la qualité de l'eau et des sédiments entraînés par l'aménagement du pipeline de pulpe est considéré comme étant de moyen à élevé. Le potentiel de changements à la qualité de l'eau et des sédiments est associé surtout à la construction et au

démantèlement aux franchissements de cours d'eau et plans d'eau, et au prélèvement d'eau pour les essais hydrostatiques. Ces activités seront de courte durée; par conséquent, l'effet du changement sur les conditions moyennes de qualité de l'eau demeurera négligeable.

Les mesures d'atténuation proposées, telles les mesures de lutte contre l'érosion et les méthodes de démantèlement, reposent sur des pratiques courantes reconnues comme étant efficaces lorsque correctement appliquées. La mise en œuvre de ces mesures est relativement simple. Par conséquent, il y a un niveau de confiance de moyen à élevé pour le taux de succès des mesures d'atténuation. Le niveau de confiance des prévisions associées aux changements à la qualité de l'eau et des sédiments causés par le ruissellement est considéré comme étant moyen compte tenu des meilleures pratiques de gestion adoptées et des mesures de lutte contre l'érosion qui sont disponibles pour limiter le débit solide en provenance de zones perturbées vers les plans d'eau récepteurs.

3.7.6.2 Surveillance

Des inspections régulières durant la construction du pipeline seront effectuées afin de vérifier l'efficacité des mesures de lutte contre l'érosion et de contrôle du débit solide généré. Les taux de solides en suspension seront surveillés durant les opérations effectuées dans les cours d'eau. Des inspections régulières de l'emprise du pipeline et des franchissement des cours d'eau et plans d'eau seront aussi effectuées pendant la phase d'opération afin de surveiller et d'évaluer l'efficacité des mesures de lutte contre l'érosion, la stabilité des pentes, la stabilité des berges et des secteurs revégétalisés et réhabilités, tel que décrit au volume B, section 6. Des observations détaillées et l'usage de méthodes planifiées avec soin durant le prélèvement et le rejet de l'eau servant aux essais hydrostatiques permettront aussi d'assurer que les impacts seront minimisés.

3.7.7 Conclusions

A la lumière de l'évaluation de la qualité de l'eau et des sédiments présentée dans la présente section, les conclusions suivantes ont été dégagées :

- Les changements à la qualité de l'eau et des sédiments occasionnés durant les phases de construction, d'opération et de fermeture du pipeline seront négligeables grâce aux mesures d'atténuation adoptées.
- Par le biais de la conception, des pratiques de construction et des inspections régulières, les effets potentiels sur la qualité de l'eau et des sédiments qui sont associés au pipeline seront minimisés.
- Toute fuite potentielle provenant du pipeline sera détectée rapidement grâce à un système de détection de fuites et aux inspections régulières. Ainsi, les changements potentiels à la qualité de l'eau et des sédiments seront minimisés. L'éventualité peu probable d'un bris catastrophique du pipeline sera abordée dans le plan d'urgence et d'intervention en cas de déversement.

3.8 ASPECTS ESTHETIQUES

3.8.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation des impacts environnementaux du pipeline de pulpe sur les aspects esthétiques. Conformément aux termes de référence du projet Ambatovy (le projet), les impacts potentiels sur les habitations voisines et les points de vue fréquentés sont évalués.

3.8.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude des aspects esthétiques du pipeline de pulpe est le même que celui du secteur général d'étude décrit au Volume A, Figure 7.2-2. Il comprend une zone tampon de 1 km de part et d'autre de l'axe du tracé préliminaire du pipeline. Ce secteur local d'étude traverse le site Ramsar de Torotorofotsy et la zone de conservation proposée de Mantadia-Zahamena, et est immédiatement adjacent au Parc national de Mantadia.

3.8.3 Résumé de l'étude de référence

Le tracé du pipeline traverse des paysages variés, dont les terres d'altitude moyenne près de Moramanga et les plaines côtières. Il franchit le complexe de marais de Torotorofotsy, adjacent, par endroits, au Parc de Mantadia, et suit le réseau Madarail sur une courte distance. Le tracé du pipeline comporte plusieurs points de vue potentiels et passe par des paysages pittoresques caractérisés par une topographie abrupte, des grands et petits cours d'eau, et une végétation variant de la forêt primaire aux dunes dénudées.

Pour être considérés dans cette évaluation les points de vue clés doivent être accessibles au public pendant les activités du projet et doivent se situer dans le panorama du projet. Les points de vue clés sont présentés au Tableau 3.8-1. Les perspectives de référence depuis les points de vue SP1 à SP4 sont présentées dans le volume I, annexe 11.1, pièce jointe 1, photos 10 à 13.

D'autres détails concernant les conditions de référence sont fournis au volume I, annexe 11.1.

Tableau 3.8-1 Points de vue clés : tracé du pipeline de pulpe

Numéro du point de vue	Nom du point de vue	Coordonnées GPS (Zone MTU 39S)	Observateurs potentiels	Caractéristiques de la perspective de référence
SP1	Marais de Torotorofotsy	E 222731 N 7910838	résidants locaux et écotouristes	relativement naturelle et non perturbée; couverture végétale dense
SP2	Village de Sahavolo	E 274500 N 7930600	résidants locaux	au village de Sahavolo, le long du pipeline, caractérisée par des zones agricoles
SP3	Franchissement de la rivière Vohitra	E 337367 N 7955595	résidants locaux	relativement naturelle, avec une couverture végétale dense; petite ville à proximité
SP4	Franchissement de la rivière Ivondro	E 0316115 N 7980851	résidants locaux	rivière large et pittoresque avec couvert de végétation modéré; signes évidents d'utilisation humaine comprenant une route et un pont

Note: GPS = système de positionnement global; UTM = grille Mercator transverse universelle.

3.8.4 Portée des enjeux

Lors des séances de consultation publique, la principale question soulevée à propos de l'aspect esthétique était la suivante : comment les transformations de l'aspect esthétique affecteront-elles le tourisme? Cette question a été soulevée par les résidants locaux et par l'Association nationale pour la gestion des aires protégées (ANGAP). Les transformations potentielles qui seront visibles aux résidents locaux et aux touristes et autres visiteurs comprennent:

- le débroussaillage de la servitude du pipeline et de la route d'inspection : cette activité se prolongera de la construction à l'opération, sauf dans certaines parties du site Ramsar de Torotorofotsy et de la zone de conservation de Mantadia-Zahamena, qui seront reboisées immédiatement après la construction;
- la présence des bases vie temporaires pendant la construction;
- la production de nuages de poussière visibles pendant les périodes sèches, ainsi que les émissions de combustibles fossiles visibles localement lors de la construction;
- l'éclairage nocturne pendant la construction.

La question clé en ce qui a trait aux aspects esthétiques est la suivante:

Question clé AE-1 Quel seront les effets du le pipeline de pulpe sur les aspects esthétiques?

Les effets visuels auront lieu durant les phases de construction, d'opération et de fermeture du projet, tel qu'illustré dans le diagramme de liens relatif aux aspects esthétiques (volume H, annexe 9).

3.8.5 Evaluation des impacts

Lors de la phase de construction, la végétation sera défrichée et un corridor linéaire large de 25 à 100 m sera établi pour recevoir le pipeline et la route d'accès parallèle. Des routes d'accès seront aménagées pour faciliter le transport des matériaux de construction vers le chantier et donner accès au personnel de construction. Des aires de dépôt et des bases vie seront aménagées de façon temporaire et seront progressivement réhabilitées dès que possible. Durant la phase d'opération, les principales routes d'accès pourraient être entretenues en accord avec les désirs des communautés locales et les besoins du projet. L'empreinte linéaire résultant de la préparation d'une servitude de largeur adéquate passant à travers les terrains montagneux demeurera un élément visuel relativement important pendant la construction et l'opération. Cet élément sera entièrement restauré avec des espèces natives ou d'autres espèces convenables pour l'occupation locale du sol à la fermeture du projet, à moins que les populations locales souhaitent conserver une voie d'accès autorisée. Certaines sections du pipeline, dont les zones forestières du site Ramsar de Torotorofotsy et de la zone de conservation de Mantadia-Zahamena, seront restaurés immédiatement après la construction.

3.8.5.1 Méthodes d'évaluation

L'information topographique, des photographies et des observations sur le terrain ont servi à décrire les perspectives actuelles. Une compréhension générale du tracé du pipeline et du profil de la servitude du pipeline a servi de base pour évaluer qualitativement les effets visuels potentiels. L'expérience acquise dans l'évaluation des effets visuels d'autres pipelines et corridors linéaires a servi à étudier la gamme des impacts potentiels pour le contexte malgache.

3.8.5.2 Critères d'évaluation

Les critères utilisés pour évaluer les aspects esthétiques sont présentés au tableau 3.8-2.

Tableau 3.8-2 Critères de description des impacts sur les aspects esthétiques

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
positive: les changements au paysage donneront un aspect plus naturel **négative:** le paysage perd de son aspect naturel	**négligeable:** aucun effet mesurable sur l'aspect esthétique **faible:** les points de vue clés permettent de voir peu ou au loin les effets du projet **moyenne:** les points de vue clés donnent une perspective directe mais non écrasante sur les effets du projet **forte:** les points de vue clés donnent des perspectives rapprochées et écrasantes des effets du projet (représentant une grande partie du paysage visible)	**locale:** effet restreint au secteur local d'étude **régionale:** effet s'étendant au-delà du secteur local d'étude	**court terme:** <3 ans **moyen terme:** 3 à 30 ans **long terme:** >30 ans	réversible ou irréversible	**faible:** rarement visible **moyenne:** visible par intermittence **élevée:** visible en permanence

3.8.5.3 Mesures d'atténuation

Le pipeline sera enfoui autant que possible. Bien qu'une route d'inspection soit prévue sur une grande partie du tracé, dans certains secteurs le pipeline sera conçu avec des parois plus épaisses de façon à permettre le rétablissement de la végétation endémique au travers de la servitude immédiatement après la construction. Ces secteurs comprendront les sections du pipeline traversant des zones boisées dans le site Ramsar de Torotorofotsy et la zone de conservation de Mantadia-Zahamena.

Le nombre de nouveaux corridors linéaires à aménager sera minimisé en utilisant les voies d'accès existantes en direction du tracé et/ou en les planifiant avec les autres utilisateurs des terres, afin de s'assurer que ces nouvelles routes répondront à leurs besoins et que d'autres routes ne seront pas nécessaires à l'avenir.

Des mesures de contrôle de la poussière, telles que l'utilisation des camions avec citernes d'eau, seront mises en œuvre sur les routes d'accès par temps chaud et sec.

Par temps très humide, les activités de construction seront réduites. Tout dommage dû à l'orniérage et l'érosion sévère de la route sera réparé après la saison des pluies.

On réduira au minimum la construction sur les talus, puisqu'elle laisse une empreinte plus large et augmente le risque d'érosion.

Les aires défrichées telles que les bases vie et aires d'entreposage temporaires seront revégétalisées promptement après la construction.

3.8.5.4 Résultats

Le projet proposé aurait deux types d'impact potentiel sur les ressources visuelles:

- des impacts à court terme imputables aux activités de construction et à l'entreposage temporaire du matériel et de l'équipement nécessaires
- des impacts à long terme dus à l'ouverture du paysage par le tracé du pipeline

Les groupes susceptibles de voir l'emprise du pipeline de pulpe comprennent les résidants locaux, les passants empruntant les routes d'accès traversées par le pipeline de pulpe et les touristes, particulièrement ceux qui visitent le marais de Torotorofotsy. L'effet visuel du pipeline de pulpe sur les observateurs variera grandement selon leurs perceptions individuelles, ce qui pourrait affecter leur plaisir et leur appréciation des qualités esthétiques de la nature de la région. Les perceptions des effets esthétiques des observateurs dans la zone de visibilité où ils se trouvent pourraient être affectées par:

- le paysage environnant, comprenant la morphologie du paysage la végétation et le degré de transformation dans son ensemble
- la pente, la couverture végétale et la texture de la surface de la servitude, par rapport à celles du paysage environnant
- la distance entre l'observateur et l'impact
- l'orientation du point de vue, la fréquence et la durée d'observation
- la perception de l'observateur de ce qui est attrayant ou déplaisant, et ses attentes quant à ce qui devrait ou non se voir à cet endroit

Ces effets sont résumés ci-dessous pour chaque phase du projet.

Construction

La qualité visuelle actuelle de la zone du projet est influencée par l'occupation historique et actuelle du territoire, y compris l'agriculture sur tavy. Cependant, l'éloignement d'une large partie du tracé a fait en sorte qu'il n'y a très peu de

développement urbain ou industriel le long du tracé. De plus, les accès y sont peu nombreux. Par conséquent, la présence de la route du pipeline contrastera avec le contexte esthétique.

La transformation de la morphologie du terrain et de la végétation introduira des contrastes de forme, de ligne, de couleur et de texture le long de la servitude. La topographie accidentée sur la majeure partie du tracé du pipeline de pulpe permettra une vue libre sur l'équipement et les activités de construction à l'intérieur des bassins topographiques locaux seulement. La poussière soulevée par ces activités, de même que la présence des équipements, aires de repos temporaire, bases vie et véhicules de construction, ne seront visibles que dans la vallée où se déroulent les travaux, dans les bassins traversés par les routes d'accès au tracé, et à partir des points surélevés environnants. Cependant, la population est relativement peu dense sur le long du secteur local d'étude. Les routes (incluant la Route Nationale (RN) 2 et les routes d'accès et sentiers près de Torotorofotsy, Analamazaotra et Mantadia) seront les plus sensibles à des impacts visuels temporaires.

Les plus importants impacts visuels prévus concernent les empreintes qui seront laissées le long de talus abrupts où de larges emprises de construction atteindront jusqu'à 100 m. Le potentiel d'érosion en saison des pluies pose aussi un risque d'impacts esthétiques supplémentaires qui se prolonge en aval du tracé.

Opération

La réhabilitation progressive des aires de repos et des bases vie ainsi que du tracé du pipeline réduira substantiellement les impacts visuels pendant la phase d'opération. Le succès des mesures de lutte contre l'érosion sera crucial dans la réduction des impacts visuels du pipeline pendant la phase d'opération.

La reforestation de la servitude immédiatement après la construction au site Ramsar de Torotorofotsy et l'aire protégée de Mantadia-Zahamena réduira les effets visuels dans ces zones clés pendant la phase d'opération.

Fermeture

Le pipeline de pulpe sera laissé en place (enfoui) lors de la fermeture du projet. Les sections exposées seront démantelées et éliminées, à moins qu'un processus de planification régionale ne détermine qu'il y ait avantage à les laisser en place. La route le long du pipeline de pulpe et les routes d'accès connexes ainsi que les ponts qui auront été construits seront généralement laissés en place, mais pourraient être remplacés ou démantelés selon les décisions des parties prenantes

locales et des planificateurs gouvernementaux au moment de la fermeture (la plupart des populations locales préfèrent en fait conserver ces voies d'accès).

3.8.5.5 Analyse d'impact

Impacts résiduels

Les effets résiduels, pendant chaque phase du projet, suivant la mise en œuvre des mesures d'atténuation sont résumés au tableau 3.8-3.

Tableau 3.8-3 Effets potentiels et impacts résiduels des aspects esthétiques

Phase du projet	Effets potentiels	Mesure d'atténuation	Impacts résiduels
construction	défrichement du terrain et transformation de la morphologie (tracé du pipeline et routes d'accès)	réduire au minimum la construction sur les pentes abruptes ; réhabilitation progressive et entretien régulier; pipeline à paroi épaisse permettant le reboisement du tracé aux endroits critiques	modification de faible intensité du paysage visible depuis les points de vue clés
	changements à travers les installations et équipements visibles	démanteler et restaurer après construction	impact négligeable sur les points de vue clés
	changements dans les émissions et poussières visibles	mesures de contrôle de la poussière	effets d'intensité négligeable, pouvant être vus à plus grande distance
opération	défrichement du terrain et transformation de la morphologie	réhabilitation progressive	modification de faible intensité du paysage visible depuis les points de vue clés
fermeture	défrichement du terrain et transformation de la morphologie le long de la servitude	réhabilitation complète	modification négligeable / long-terme du paysage visible
	changements au niveau des parties visibles du pipeline	démantèlement et enlèvement des sections visibles du pipeline	aucun

Durant la phase de construction, il y aura un défrichement du terrain et des modifications localisées de la topographie le long de la servitude du pipeline et des routes d'accès connexes. La réhabilitation du terrain se fera progressivement à mesure que la construction avance. L'intensité des impacts visuels sur la morphologie du terrain est considérée comme moyenne pendant la construction et faible pendant l'opération. La portée géographique des impacts est locale car la topographie accidentée cache la vue du site depuis la plupart des endroits extérieurs au secteur local d'étude.

Les impacts les plus évidents (pendant la construction) sont de courte durée, alors que les impacts de faible intensité de la phase d'opération sont de durée moyenne. Les impacts sur la morphologie du terrain sont irréversibles car le paysage ne sera pas remis à l'état initial. La fréquence des observations est moyenne car le pipeline est relativement long et les observateurs se trouveront

par intermittence à des points de vue précis d'où le projet sera visible. Les points de vues clés depuis le site Ramsar de Torotorofotsy et depuis l'aire protégée de Mantadia-Zahamena seront améliorées par une réhabilitation qui s'effectuera immédiatement après la construction, de façon que la nouvelle forêt soit établie au plus tôt dans la phase d'opération. Globalement, la conséquence sur l'environnement en termes d'effets visuels est faible durant les phases de construction et d'opération, et négligeable après la fermeture.

La construction des installations le long du tracé du pipeline aura un impact de faible intensité: si de tels installations semblent inappropriées dans un milieu rural, ils sont toutefois de taille relativement petite. Les effets sont de portée locale, de courte durée (pendant la construction seulement) et réversibles. La fréquence d'observation devrait être faible compte tenu du petit nombre de points de vue depuis lesquels les installations seront visibles. En termes d'aspect esthétique, la conséquence globale sur l'environnement des bases vie de construction et des installations connexes du pipeline sera négligeable.

Des poussières et des émissions visibles seront produites pendant la construction le long des routes d'accès et de la servitude du pipeline. Les effets visuels de ces émissions auront un impact d'intensité négligeable car des mesures telles que le contrôle des poussières seront mises en place. Ces effets sont de portée régionale puisque la poussière et les autres émissions peuvent être visibles de l'extérieur du secteur local d'étude. Les effets sont de courte durée (la circulation de véhicules sera pratiquement limitée à la phase de construction) et réversibles. On prévoit que la fréquence d'observation sera moyenne. En termes d'aspect esthétique, la conséquence globale sur l'environnement des émissions et des poussières sera négligeable.

Une classification globale des impacts résiduels sur les aspects esthétiques de chaque enjeu clé à chaque phase du projet est présentée au tableau 3.8-4.

Tableau 3.8-4 Classification des impacts résiduels sur les aspects esthétiques

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversible	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Effet des modifications morphologiques du pipeline sur l'aspect esthétique							
construction	négative	moyenne	locale	court terme	non	moyenne	faible
opération	négative	faible	locale	moyen terme	non	moyenne	faible
fermeture	négative	négligeable	locale	long terme	non	moyenne	négligeable
Enjeu: Effet des aménagements du pipeline sur l'aspect esthétique							
construction	négative	faible	locale	court terme	oui	faible	négligeable
Enjeu : Effet des émissions et poussières visibles sur l'aspect esthétique							
construction	négative	négligeable	régionale	court terme	oui	moyenne	négligeable

Niveau de confiance des prévisions

L'état initial de la topographie du secteur local d'étude est bien connu et l'information générale au sujet des mesures de construction le long de la servitude du pipeline a été fournie. La classification des impacts dépend du succès des mesures d'atténuation proposées, y compris les mesures de lutte contre l'érosion dans des conditions difficiles. Globalement, le niveau de confiance pour cette évaluation est considéré comme moyen à élevé.

Surveillance

Aucun suivi spécifique n'est proposé quant aux aspects esthétiques. Le suivi de deux éléments qui ont des incidences importantes sur les effets visuels, soit l'efficacité des mesures de lutte contre l'érosion et de la réhabilitation du terrain, est décrit au volume C, section 6.

3.8.6 Conclusions

Le pipeline de pulpe aura de faibles conséquences sur l'environnement en termes d'aspect esthétique en raison du défrichement qui subsistera le long de la servitude et des nouvelles routes d'accès à cette servitude. Cet effet sera à son maximum durant la phase de construction, alors que la réhabilitation n'aura pas encore été entamée. Les impacts les plus sérieux affectant le paysage susceptible d'être vu par les écotouristes, dans les zones telles que le site Ramsar de Torotorofotsy et le corridor Mantadia-Zahamena, seront atténués par le reboisement progressif après l'installation du pipeline. Le résultat des mesures

d'atténuation pendant les phases de construction et d'opération dépendra du succès de la réhabilitation et du contrôle de l'érosion sur toute la longueur du tracé.

Les autres effets ayant des conséquences négligeables pendant la construction sont la présence des installations le long du tracé du pipeline et la production de poussière et d'émissions qui pourraient être vues régulièrement à l'extérieur du secteur local d'étude. Les effets les plus importants devraient très probablement survenir pendant la phase de construction et affecter les écotouristes visitant le secteur de Torotorofotsy. Ceux-ci auront des attentes spécifiques sur les panoramas désirés dans la région et ne s'attendront pas à voir un pipeline ou des activités de construction dans le site Ramsar.

4.1 FLORE

4.1.1 Introduction

Cette section de l'étude d'impact environnemental présente l'évaluation des effets potentiels du projet sur la flore dans le sous-secteur local d'étude du pipeline de pulpe. Conformément aux Termes de référence (volume H, annexe 1), les données spécifiques au site ont été recueillies afin d'évaluer les éléments suivants concernant la flore dans la zone du projet Ambatovy (le projet) :

- répertorier les communautés végétales naturelles préoccupantes afin d'évaluer l'endémisme des espèces (espèces localement endémiques inclusivement)
- cartographier et décrire la flore de référence du secteur d'étude
- discuter des mesures d'atténuation et des mesures de compensation à adopter afin de réduire ou de compenser la perte de flore et de communautés naturelles incluant les mesures de réhabilitation de la forêt
- évaluer les impacts résiduels subis par la flore en raison de la construction, de l'opération et de la fermeture du pipeline
- préciser les détails des opérations de surveillance et de gestion de la flore qui impliquent la participation des intervenants.

4.1.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe comprend l'empreinte au sol du pipeline, d'une longueur approximative de 195 km, à laquelle s'ajoute une zone tampon de 1 km de largeur de chaque côté du tracé proposé. Le pipeline de pulpe relie les gisements, du site de la mine à l'usine de traitement localisée près de Toamasina (volume A, figure 7.2-2).

La végétation le long du tracé varie, mais peut généralement être classée en trois zones primaires. La section ouest se situe dans un corridor de forêt dense humide sempervirente dégradée. Elle longe également le marais de Torotorofotsy. La section centrale, dominée par une matrice de tavy, passe entre des fragments de

forêt primaire et dégradée dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena[1]. La section à l'est présente une végétation secondaire et des espaces agricoles.

4.1.3 Résumé de l'étude de référence

Le texte qui suit présente un résumé des résultats de l'étude de référence sur la flore concernant le secteur local d'étude du pipeline de pulpe. Il met l'accent sur les résultats essentiels pour l'évaluation des impacts causés par le projet. Une description complète de la méthodologie de l'étude de référence, des analyses et des résultats est présentée dans le volume J, à l'annexe 1.1.

4.1.3.1 Aperçu de la végétation

Le type de végétation qui domine le long du tracé du pipeline est le tavy (30 778 ha, soit 85 % du secteur local d'étude). Cette classe est principalement constituée de forêt défrichée, de buissons et d'arbres clairsemés, avec souvent une prédominance de *Ravenala madagascariens*. Cette espèce est endémique à Madagascar mais elle est largement répandue et utilisée, le plus souvent, pour la construction des murs et des toits des bâtiments (Rouquette 2002).

La forêt primaire dégradée représente la deuxième classe de végétation la plus fréquente (1537 ha, soit 4 % du secteur local d'étude). Cette classe est composée soit de forêt fortement exploitée ou de petits îlots (« patches ») de forêt envahis par des espèces exotiques, ou dont la composition en espèces et l'abondance ont été modifiées par les effets de lisière et la variation de l'ensoleillement.

La forêt primaire est le troisième type de végétation le plus fréquent le long du tracé du pipeline (1403 ha, soit 4 % du secteur local d'étude). On l'observe principalement dans la zone de recouvrement du secteur local d'étude de la mine et du corridor Mantadia-Zahamena. Il s'agit d'une forêt zonale pouvant avoir subi des coupes légères mais qui reste intacte du point de vue de la structure et de la composition végétale. Son assemblage d'espèces est en général typique d'une forêt primitive.

Il existe également de petites superficies de forêt azonale, de forêt de transition de type azonal ainsi que de forêt de transition dans la partie ouest du secteur local d'étude du pipeline de pulpe, là où le pipeline rejoint les installations de la mine.

[1] Dans le nouvel arrêté 20-021, ratifié le 30 décembre 2005, le corridor porte la dénomination Ankeniheny - Zahamena (CAZ). En outre, cet arrêté propose une série de nouvelles limites afin d'assurer la protection temporaire de la zone de conservation en création. Au cours de l'élaboration de cette EIE, ces informations n'étaient pas disponibles, et la présente étude reflète donc l'état des choses au milieu de l'année 2005.

4.1.3.2 Végétation du marais de Torotorofotsy

Le marais de Torotorofotsy est localisé au sud-est de la mine projetée. Le marais a été déclaré site Ramsar par le gouvernement de Madagascar et par des organisations de conservation nationales et internationales (Ramsar, 2005).

La végétation herbacée de marais sur sol organique constitue l'essentiel du marais de Torotorofotsy (Wetlands International, 2005). Sur la bordure du marais et le long des ruisseaux et des rivières le parcourant se retrouvent de petites surfaces de végétation de bordure de marais croissant sur un sol organique pauvre en nutriments. On retrouve, en bordure de marais, un couvert *Pandanus* allant de sporadique à prédominant. On dénombre aussi aux abords des zones humides et au sein de ces dernières des pâturages disséminés, des plantations et des bosquets d'eucalyptus ainsi qu'une petite, mais non négligeable, portion de rizières.

4.1.3.3 Végétation de la région de Mantadia-Zahamena

Le corridor de conservation Mantadia-Zahamena est couvert d'une matrice hétérogène de végétation. Elle contient à la fois des formations forestières et non-forestières. La composante non-forestière de cette matrice résulte de la succession naturelle ou de perturbations antérieures. La végétation secondaire non arborescente ne présente pas d'intérêt particulier sur le plan écologique pour ce qui est du caractère unique de l'habitat ou des espèces. Les fragments forestiers sont composés principalement de forêt primaire ou quasi-primaire, de forêt dégradée, de forêt secondaire (savoka), de forêt d'eucalyptus et de forêt résiduelle.

4.1.3.4 Espèces CITES, vulnérables ou menacées

Cinq espèces classées comme vulnérables, en danger ou quasi-menacées selon l'Union mondiale pour la nature (UICN) ont été observées dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena. La majorité de ces espèces jouissent d'une grande aire de distribution mais sont néanmoins menacées d'extinction ou d'extirpation en raison du déclin de leur population, conséquence directe de leur intérêt comme bois de chauffe ou matériau de construction. Une de ces espèces dont l'aire de distribution est plus réduite risque l'extirpation ou l'extinction en raison de l'agriculture et des implantations humaines.

Trois espèces sont inscrites à l'annexe 2 de CITES, qui se consacre aux espèces préoccupantes en matière de commerce international. Le niveau de commerce de ces espèces varie de nul à faible et, par conséquent, ces espèces ne semblent pas menacées pour l'instant.

4.1.3.5 Richesse en espèces végétales

Au total, 66 espèces ont été identifiées le long du corridor du pipeline de pulpe dans la partie adjacente au marais de Torotorofotsy et 333 espèces de plantes ont été recensées lors d'un inventaire réalisé entre les points kilométriques R22+000 et R29+000 du corridor de conservation Mantadia-Zahamena.

4.1.3.6 Endémisme

Aucune espèce localement endémique n'a été identifiée dans les zones du marais de Torotorofotsy et du tracé du pipeline de pulpe. Cela est principalement dû au niveau important de perturbations du secteur.

Des 333 espèces du corridor Mantadia-Zahamena, 257 se classent comme endémiques à Madagascar et 63 comme régionalement endémiques. Aucune espèce n'est considérée localement endémique. Treize autres espèces ont été classées comme exotiques.

4.1.4 Portée des enjeux

Les séances de consultation publique ont constitué un des principaux outils pour préciser les questions environnementales relatives au projet. Ces réunions ont donné l'occasion aux communautés locales, aux organismes de conservation et aux organismes gouvernementaux de tous les niveaux d'exprimer leurs préoccupations environnementales et sociales. Les enjeux soulevés par le projet quant aux impacts sur la flore sont le résultat des séances de consultation publiques, des études d'impact environnemental antérieures concernant l'exploitation des ressources à Madagascar et ailleurs dans le monde, et finalement des Termes de références (volume A, section 6; volume H, annexe 1). Voici donc les principaux enjeux en ce qui concerne la flore :

- la perte ou l'altération de la forêt primaire native, en particulier dans le corridor Mantadia-Zahamena
- l'envahissement par des espèces exotiques ou indésirables des emplacements où pousse une végétation native.

Tout au long de l'EIE, des questions clés ont été utilisées pour élaborer des liens de cause à effet (volume A, section 7). Le diagramme illustrant les liens entre les activités du projet et les effets sur la flore est présenté au volume H, annexe 9. Les questions clés pour la flore sont :

Question clé FL-1 **Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur la perte et l'altération des communautés végétales ?**

Question clé FL-2 **Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur l'introduction d'espèces exotiques ou indésirables?**

Parmi les activités reliées au projet, la construction du pipeline de pulpe, son opération et la réhabilitation du site au moment de la fermeture devraient apporter des modifications à la flore. La perte directe de communautés végétales se produira durant la mise en place du pipeline. Un envahissement par des espèces exotiques ou indésirables menace aussi indirectement les communautés végétales naturelles.

Ces effets sont d'abord la conséquence des activités de construction et, dans une moindre mesure, des activités d'opération. On estime que les mesures entourant la fermeture du pipeline de pulpe auront des effets positifs pour la flore, tout comme la mise en oeuvre de mesures d'atténuation. Tous les effets découlant du projet peuvent avoir une incidence sur le plan esthétique et des conséquences pour les espaces protégés, l'occupation du sol, la faune et la biodiversité.

La perte d'espèces (par extirpation ou extinction) est un enjeu qui a été considéré dès le début et à chacune des étapes intermédiaires de l'évaluation réalisée pour le pipeline de pulpe. La préservation des espèces et de leur diversité est d'une telle importance que cette question à été prise en compte dès l'étape de conception du projet (détermination du tracé) plutôt que solutionnée par des mesures d'atténuation après construction. L'essentiel des travaux nécessaires à la réduction ou à l'élimination des impacts environnementaux potentiels sur le tracé du pipeline sont résumés au volume B, section 1, qui présente les différentes alternatives considérées pour le projet. La démarche d'examen des alternatives a inclu en 2004 des réunions de consultation ciblées impliquant des organismes non gouvernementaux (ONG) et les instances gouvernementales (volume A, section 6). Le point crucial, en ce qui concerne la perte des espèces, résidait dans le choix d'un tracé respectant les critères environnementaux en plus des critères socio-économiques, financiers et techniques. Après l'examen de plus de 10 propositions de tracé traversant le corridor, le tracé final a été choisi dans l'optique de réduire au minimum la perte d'habitat natif. Cette approche qui préconise l'évitement des habitats comme méthode d'atténuation élimine le besoin de réaliser une analyse d'impact sur la flore au niveau de l'espèce. Toutes les espèces vulnérables ou menacées présentes dans le secteur local d'étude du pipeline se retrouvent aussi à d'autres emplacements dans la région; elles ne sont donc pas menacées d'extinction ou d'extirpation. Il sera possible durant la phase de construction d'affiner le tracé du pipeline et de réduire la perte d'habitat natif

au strict minimum. L'analyse qui suit se concentre donc sur les impacts au niveau des communautés (habitats).

Une analyse de liens est fournie pour chaque effet potentiel relié aux activités du projet concernant le pipeline de pulpe. L'analyse de liens est suivie d'une description des méthodes et des critères d'évaluation, de la présentation des mesures d'atténuation, de l'évaluation et la classification des impacts et la présentation du programme de surveillance. L'annexe 9 du volume H présente le diagramme de liens pour les questions touchant la flore.

4.1.5 Question clé FL-1 : Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il en sur la perte et l'altération des communautés végétales ?

Pendant la phase de construction, le défrichement perturbera la flore de façon directe.

4.1.5.1 Méthodes d'évaluation

L'impact du projet sur la perte et l'altération de la flore, est évalué en fonction des changements au niveau de la superficie totale des types de végétation résultant du défrichement requis pour l'installation du pipeline de pulpe.

L'étude d'impact couvre la période allant de la construction jusqu'à la phase de fermeture. On présume que les impacts les plus élevés se produiront durant la phase de construction.

4.1.5.2 Critères d'évaluation

Les impacts résiduels ont été établis sur la base d'un système de classification tenant compte de l'orientation, l'intensité, la portée géographique, la durée, la réversibilité et la fréquence de l'impact étudié, tel que décrit au volume A (section 7.4). L'évaluation de la conséquence globale sur l'environnement se fonde sur des critères d'intensité, de portée géographique et de durée, tel que précisé au volume A (section 7.4).

Le tableau 4.1-1 présente les critères de description utilisés pour les communautés végétales.

Tableau 4.1-1 Critères de description des impacts sur les communautés végétales, leur structure et leur diversité

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
neutre : aucun changement[(a)] dans les communautés végétales **négative :** changement dans les communautés végétales	**négligeable** : aucun effet mesurable dans les communautés végétales **faible** : variation < 10 % dans les communautés végétales **moyenne** : variation de 10 à 20 % dans les communautés végétales **forte** : variation > 20 % dans les communautés végétales	**locale** : effet restreint au secteur local d'étude **régionale** : effet s'étendant au-delà du secteur d'étude	**court terme** : < 3 ans **moyen terme** : 3 à 30 ans **long terme** : > 30 ans	**réversible** ou **irréversible**	**faible** : se produit une fois **moyenne** : se produit par intermittence **élevée** : se produit en continu

(a) Changement en matière de structure ou de composition

4.1.5.3 Mesures d'atténuation

Plusieurs mesures d'atténuation sont envisagées dans le but de réduire l'intensité, la portée géographique et la durée des impacts directs du projet sur la flore dans le secteur local d'étude du pipeline. Les principales mesures d'atténuation sont les suivantes:

- opter pour un tracé du pipeline qui permette d'éviter au maximum d'empiéter sur la végétation de la forêt native
- réaliser des essais de réhabilitation basés sur les résultats de recherche
- réhabiliter les zones désignées en utilisant des espèces natives et des procédés de traitement des sols efficaces
- privilégier les stratégies de réhabilitation qui préconisent la restauration des habitats naturels, lorsque cela respecte les priorités locales quant à l'occupation du sol (par exemple le corridor Mantadia-Zahamena)
- rétablir rapidement le couvert végétal prescrit après la construction du pipeline
- planifier soigneusement l'implantation des routes d'accès et mettre en place un plan de gestion des accès pour les régions sensibles sur le plan biologique
- adhérer à un plan de conservation et de réhabilitation.

4.1.5.4 Résultats

Pertes directes subies par les communautés végétales dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe

Les pertes directes subies par les communautés de plantes natives suivant la construction du pipeline seront de 938 ha (3 % du secteur local d'étude du pipeline de pulpe) (tableau 4.1-2). De cette superficie, la végétation de type brûlis non forestier / matrice de tavy sera la plus touchée avec une perte de 800 ha (3 % de cette classe de végétation à l'intérieur du secteur local d'étude). Ce type de végétation est en soi déjà grandement perturbé. La deuxième classe la plus touchée est la forêt zonale dégradée ou fortement exploitée, avec une perte de 49 ha (3 % de ce type de végétation). Les autres types de végétation qui seront affectés sont les plantations/terres boisées (6 %), la forêt zonale (23 ha ou 2 %) et la forêt de transition (5 ha ou 3 %). Plusieurs autres types de végétation seront affectés mais cela ne représente qu'une très petite portion de l'impact global sur la végétation du secteur local d'étude du pipeline. Il n'y aura aucun impact direct sur la végétation azonale, la végétation de transition de type azonal et la forêt de bordure de marais.

Tableau 4.1-2 Changement de la superficie des types de végétation suite au défrichement dans le secteur local d'étude du pipeline

Type de végétation	Scénario de référence	Scénario d'impact	Changement	Changement
	ha	ha	ha	%
Végétation forestière				
Forêt azonale	81	81	0	0
Forêt de transition de type azonal	36	36	0	0
Forêt de transition	151	146	-5	-3
Forêt zonale (primaire)	1403	1380	-23	-2
Forêt zonale dégradée ou fortement exploitée	1537	1488	-49	-3
Plantations / terres boisées	693	654	-39	-6
Forêt de bordure de marais	26	26	0	0
Sous-total – végétation forestière	3927	*3 811*	*-116*	-3
Végétation non forestière				
Brûlis non forestier / matrice de tavy	30 778	29 978	-800	-3
Cordon de dune littoral	70	68	-2	-2
Savanes arbustives et prairies côtières	227	225	*-2*	-1
Couverture herbacée et pâturages	308	306	-2	-1
Végétation herbacée de marais	406	401	-5	-1
Rizières	278	269	-9	-3
Sous-total – végétation non forestière	32 067	*31 247*	*-820*	-3
Absence de végétation				
Industrie (bâtiments et zones d'exploration)	13	13	0	0
Carrières	12	12	0	0
Couloirs d'accès (routes et voies ferrées)	8	8	0	-1
Village	120	118	-2	-2
Rivières et plans d'eau	128	128	0	0
Sous-total – absence de végétation	281	*279*	*-2*	-1
total	**36 275**	**35 337**	**-938**	**-3**

Note: En raison de l'arrondissement, les totaux et sous-totaux peuvent différer légèrement des valeurs attendues.

4.1.5.5 Evaluation des impacts

Impacts résiduels

Impacts résiduels du défrichement sur la végétation de transition

En dépit des mesures d'atténuation, la construction du pipeline de pulpe causera des pertes au sein de la végétation, principalement à des emplacements qui sont déjà fortement perturbés. Il existe toutefois des habitats rares, dont la forêt de

transition, à l'extrémité ouest du pipeline, aux abords du site de la mine. Il y aura à l'intérieur de cette zone une perte de 5 ha de végétation de transition (3 % de ce type de végétation). Il est prévu que les pertes seront de faible intensité, de portée géographique restreinte, à long terme et impliquant un niveau faible de conséquence sur l'environnement (tableau 4.1-3).

Bien que la perte de végétation de transition soit jugée faible, celle-ci est unique à la région et mérite par conséquent une attention particulière. Les mesures d'atténuation et de surveillance visant à remédier à ces effets directs sont présentées de façon détaillée dans l'EIE de la mine, volume B, section 4.1.

Tableau 4.1-3 Classification des impacts résiduels sur la perte ou l'altération des communautés végétales

Element	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Pertes ou altération au sein des communautés naturelles							
Forêt azonale	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Forêt de transition de type azonal	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Forêt de transition	négative	faible	locale	long terme	irréversible	moyenne	faible
Forêt zonale	négative	moyenne	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
Forêt de bordure de marais	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Végétation herbacée de marais	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible

s.o.: sans objet (aucune évaluation pour les impacts neutres).

Impacts résiduels sur la végétation zonale

Au total, 23 ha de forêt zonale seront touchés par les activités de construction du pipeline de pulpe (2 % de ce type de végétation dans le secteur local d'étude du pipeline), produisant un effet de faible intensité. La portée des effets sera circonscrite au secteur local mais ces effets se poursuivront au-delà de la vie du projet (effets à long terme). Les effets sont généralement considérés comme irréversibles. Toutefois, l'utilisation d'espèces natives pour la réhabilitation permettra, une fois que ces plantes auront atteint leur maturité, de récréer des conditions similaires à celles présentes avant les perturbations. Selon les prévisions, la conséquence sur l'environnement du défrichement de la végétation zonale dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe sera de niveau faible.

Réhabilitation

Pour remédier au problème de la perte d'habitat forestier original, le promoteur s'est engagé à réhabiliter à l'état de forêt zonale des sections de l'empreinte du pipeline (ou aussi proche de cet état qu'il est écologiquement et techniquement possible de le faire), en utilisant des espèces natives. Ces sections sont situées immédiatement à l'est de l'empreinte au sol de la mine (R0+000 à R2+000) et à l'intérieur du corridor de conservation de Mantadia-Zahamena (R16+000 à R26+000; volume C, section 4.1), et couvre une superficie de 60 ha.

Deux méthodes générales de réhabilitation seront utilisées le long du tracé du pipeline. Pour la majorité des sections traversant des zones déjà perturbées, le principal objectif de réhabilitation consiste à maîtriser l'érosion. Dans les sections où l'on rencontre de la forêt de transition ou de la forêt zonale (c'est-à-dire entre R0+000 et R2+000 ainsi qu'entre R16+000 et R26+000), la réhabilitation de l'habitat inclura la réintroduction d'espèces natives avec pour objectif à long terme le rétablissement de la forêt primaire.

On connaît encore mal le processus de rétablissement de la végétation forestière tropicale native de Madagascar. Des essais de revégétalisation seront donc mis en oeuvre afin d'augmenter le corpus des connaissances à ce sujet et d'élaborer des méthodes pragmatiques de réhabilitation. Les résultats de ces essais seront mis à la disposition d'autres organisations prévoyant réaliser des travaux de réhabilitation dans le corridor de Mantadia-Zahamena. Des précisions additionnelles sur le programme de réhabilitation pour le secteur du pipeline de pulpe sont fournies au volume B, section 6.

Niveau de confiance des prévisions

La confiance dans les prévisions d'impact dépend de :

- l'adéquation des données de l'étude de référence pour comprendre les conditions actuelles
- la compréhension des impacts sur l'écosystème des activités liées au projet
- la connaissance de l'efficacité réelle des mesures d'atténuation.

Les prévisions relatives aux impacts sur la flore sont basées sur la répartition spatiale des types de végétation dans le secteur local d'étude du pipeline. La cartographie de référence pour la végétation a été réalisée à partir de l'étude de photographies aériennes et de travaux de validation sur le terrain en des endroits choisis. La classification des types de végétation est jugée relativement précise et par conséquent, le niveau de confiance des prévisions des effets directs sur la

végétation (par exemple, les pertes subies au sein des types de végétation) est considéré élevé.

Il a été présumé que les efforts de réhabilitation de la forêt dans le corridor de conservation de Mantadia-Zahamena réussiront à restaurer les espaces perturbés à un niveau d'habitat semi-naturel. Une gestion adaptative des opérations de réhabilitation sera mise en place afin d'améliorer les techniques de réhabilitation en fonction de l'expérience acquise.

Surveillance

Un programme de surveillance de la végétation sera mis en place pour s'assurer que les efforts de réhabilitation soient fructueux, que le couvert végétal soit maintenu et que les mesures de lutte contre l'érosion fonctionnent de manière efficace.

4.1.5.6 Conclusions

Eviter la forêt native par le choix d'un tracé approprié pour le pipeline de pulpe constitue le meilleur moyen de limiter les pertes au sein des communautés de plantes natives. Plus de 96 % de l'empreinte totale du pipeline se trouve dans des régions déjà sérieusement perturbées ou affectées par les implantations humaines. Au total, 116 ha de terres forestières (12 % de la superficie du secteur local d'étude) seront touchés par la construction et l'opération du pipeline. La végétation forestière native jugée de bonne qualité couvre 28 ha de cette portion (5 ha de forêt de transition et 23 ha de forêt zonale) alors que la forêt dégradée et les forêts sous aménagement occupent une superficie de 88 ha (49 ha de forêt dégradée ou fortement exploitée et 39 ha de plantations).

Afin de réduire les conséquences pour la végétation forestière native, 60 ha du corridor du pipeline présentant des habitats importants à l'échelle régionale seront réhabilités avec des espèces natives, dans le but de reconstituer la forêt. Cette initiative complètera les projets de réhabilitation menés par d'autres organisations dans la région.

Pour les sections du pipeline où les objectifs de réhabilitation sont de créer un couvert végétal de type herbacé, la surveillance sera maintenue jusqu'à ce que les risques d'érosion soient réduits au minimum. Dans les sections ciblées pour le rétablissement de la forêt, la surveillance s'effectuera sur une plus longue période afin que le processus de succession forestière se déroule selon les attentes.

4.1.6 Question clé FL-2 : Quel effet le pipeline de pulpe aura-t-il sur l'introduction d'espèces exotiques ou indésirables?

Les routes (incluant les couloirs d'accès au pipeline) contribuent à la propagation des espèces exotiques (Trombulak et Frissell, 2000). Les effets de lisière résultant du défrichement augmentent l'ensoleillement, ce qui favorise la densification des espèces adaptables et des espèces de première succession, lesquelles préfèrent la plus grande luminosité des zones perturbées (Mehrhoff, 1989). Typiquement, les espèces exotiques ou indésirables (plantes adventices) croissent davantage en lisière des forêts, et ce pour diverses raisons; les conditions leurs y sont favorables, les espèces natives ont été enlevées ou subissent un stress environnemental, et il y a présence d'une zone de contact pour la propagation (Trombulak et Frissell, 2000).

4.1.6.1 Méthodes d'évaluation

L'évaluation des effets potentiels du pipeline de pulpe, en ce qui a trait aux d'espèces exotiques ou indésirables (c'est-à-dire les plantes adventices), a été faite d'une manière qualitative.

4.1.6.2 Critères d'évaluation

Le tableau 4.1-4 présente les critères d'évaluation concernant la question des espèces exotiques et indésirables.

Tableau 4.1-4 Critères de description des impacts relatifs aux espèces de plantes exotiques et indésirables

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
neutre : aucun changement[(a)] dans les communautés de plantes exotiques ou indésirables **négative:** changement dans les communautés de plantes exotiques ou indésirables	**négligeable** : aucun effet mesurable sur les espèces exotiques ou indésirables **faible :** faible quantité d'espèces exotiques ou indésirables **moyenne** : quantité modérée d'espèces exotiques ou indésirables **forte** : quantité élevée d'espèces exotiques ou indésirables	**locale** : effet restreint au secteur local d'étude **régionale** : effet s'étendant au-delà du secteur d'étude	**court terme** : < 3 ans **moyen terme** : 3 à 30 ans **long terme** : > 30 ans	**réversible** ou **irréversible**	**faible** : se produit une fois **moyenne** : se produit par intermittence **élevée** : se produit en continu

(a) Changement en matière de structure ou de composition

4.1.6.3 Mesures d'atténuation

La mise en place d'un programme de gestion des espèces envahissantes est la principale mesure visant à réduire la prolifération des espèces exotiques ou indésirables découlant du projet. Ce programme de gestion d'espèces envahissantes sera uniquement mis en œuvre le long de sections ciblées de l'empreinte du pipeline où le maintien d'habitats originaux et souhaités par la société malgache.

4.1.6.4 Résultats

Le risque d'envahissement du corridor du pipeline de pulpe par les plantes adventices ou des espèces indésirables est élevé. Actuellement, ce phénomène se produit dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena où l'on a relevé la présence d'eucalyptus et d'espèces exotiques (13 espèces identifiées durant les inventaires), lesquels menacent l'intégrité de la région sur le plan de l'écologie. La création de nouvelles lisières sur le périmètre des forêts primaires favorisera un envahissement par des plantes héliotropes (adaptées à l'ensoleillement), comme les lianes. Ces dernières, sous des conditions d'ensoleillement accru et avec peu de compétiteurs, peuvent modifier de façon permanente la succession du peuplement forestier en se répandant dans la forêt primaire lors du défrichement effectué pour la construction. L'utilisation de véhicules et de machinerie lourde augmentera considérablement au moment de la mise en chantier du pipeline. Les véhicules sont un vecteur de transport pour les plantes adventices en provenance du site et de l'extérieur vers les zones nouvellement défrichées.

4.1.6.5 Evaluation des impacts

Impacts résiduels relatifs aux espèces exotiques ou indésirables

On s'attend à ce que les plantes exotiques ou indésirables envahissent les espaces réhabilités et la lisière des forêts durant les phases de construction et d'opération du pipeline de pulpe. Des mesures de contrôle sévères seront mises en place pour voir à l'extirpation de ces espèces aussitôt qu'elles seront découvertes. La nature envahissante des espèces indésirables peut s'avérer initialement difficile à constater étant donné qu'il s'agit parfois d'espèces natives. Dans certains cas, la prédominance d'une espèce à un endroit s'explique par la succession normale alors que dans d'autres cas, une espèce peut littéralement étouffer les autres, réduisant la diversité et nuisant à la succession.

Les mesures de contrôle prévues ne pourront éradiquer complètement les espèces indésirables. La conséquence sur l'environnement prévue est négative et de niveau faible (tableau 4.1-5).

Tableau 4.1-5 Classification des impacts résiduels relatifs aux espèces de plantes exotiques ou indésirables

Element	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
plantes exotiques ou indésirables	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible

Des mesures de contrôle seront mises en oeuvre durant les phases de construction, d'opération et de fermeture. Elles auront pour but d'éliminer les espèces exotiques ou indésirables (plantes adventices) sur le tracé du pipeline et à la lisière des forêts primaires qu'il traverse.

Niveau de confiance des prévisions

Le comportement général des espèces envahissantes indésirables est bien connu. Cela n'exclut pas qu'il faille, dans le cadre du plan des mesures d'atténuation, rassembler de l'information complémentaire sur les espèces susceptibles de se retrouver sur le site. Il s'agit de données concernant l'habitat préféré de ces espèces, leurs modes d'envahissement et de propagation ainsi que les méthodes servant à leur extirpation.

Surveillance

Un programme de surveillance de la végétation sera mis en place pour s'assurer que les mesures de contrôle limitent à de faibles niveaux la présence des espèces exotiques ou indésirables. Le programme comprend un suivi de l'efficacité des mesures de contrôle au sein des zones de réhabilitation de la forêt de haute priorité (c'est-à-dire, les 2 km du pipeline passant en zone forestière et dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena).

4.1.6.6 Conclusions

Les prévisions quant à l'introduction et à la propagation des espèces exotiques ou indésirables suggèrent que les phases de construction et d'opération entraîneront une conséquence de niveau faible sur l'environnement. Les mesures d'atténuation et de surveillance proposées comprennent :

- la mise en place d'un programme de contrôle des espèces envahissantes
- un suivi de l'efficacité des mesures de contrôle des espèces exotiques et envahissantes.

4.2 FAUNE

4.2.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets du pipeline de pulpe sur la faune, comprenant les impacts potentiels sur les espèces rares et localement endémiques, les déplacements de la faune et la santé de la faune, conformément aux Termes de référence du projet Ambatovy (le projet) et aux enjeux soulevés lors des séances de consultation (volume H, annexe 1; volume A, section 6).

Cette section de l'étude d'impact environnemental (EIE) inclut un résumé de l'étude de référence sur les résultats des inventaires des taxons clés et un résumé des enjeux clés. Les aspects suivants ont été examinés pour chacun des enjeux identifiés :

- évaluation des liens d'impact potentiels
- méthodologie d'évaluation
- critères d'évaluation
- mesures d'atténuation
- analyse des impacts
- classification des impacts résiduels
- niveau de confiance des prévisions
- surveillance

Un résumé des principaux impacts et de leurs effets sur les espèces et habitats clés est également fourni.

4.2.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe comprend l'empreinte au sol du pipeline de pulpe, d'une longueur de 195 km plus une zone tampon de 1 km de chaque côté, qui s'étend depuis le gisement sur le site de la mine jusqu'au site de l'usine près de Toamasina (volume A, figure 7.2-2).

Le secteur local d'étude a été divisé en trois zones d'occupation du sol : la partie ouest, qui se trouve dans le corridor forestier (zone du corridor); la partie centrale qui, contournant des fragments de forêt zonale primaire, traverse une zone définie principalement par une matrice de tavy (zone de tavy); et la partie est qui

contient une végétation entièrement secondaire et caractérisée par une utilisation agricole plus dense (appelée zone agricole). Pour une description détaillée de l'occupation du sol dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe, consulter le volume K, annexe 3.1.

Le pipeline de pulpe traverse d'abord le site Ramsar de Torotorofotsy situé dans le secteur local d'étude de la mine et se poursuit vers l'est à travers le corridor forestier de Mantadia-Zahamena. Le tracé proposé du pipeline suit essentiellement la zone de perturbation actuelle y compris à travers le site Ramsar et le corridor régional de forêt zonale primaire.

4.2.3 Résumé de l'étude de référence

4.2.3.1 Introduction

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe a fait l'objet d'inventaires des amphibiens, reptiles et oiseaux en 2004 et 2005.

4.2.3.2 Méthodologie

Classes d'occupation du sol

Des données obtenues par télédétection ont été utilisées pour produire des cartes d'occupation du sol (volume K, annexe 3.1). L'interprétation des caractéristiques clés d'occupation du sol a été confirmée par visites de terrain. Les renseignements existants d'études antérieures, les enquêtes de référence de 1997 et les renseignements acquis pour les sections sur les aspects socioéconomiques et sur les aires protégées de la présente étude ont été utilisés pour définir les activités récentes liées à l'occupation du sol.

Inventaires fauniques

Amphibiens et reptiles

Un inventaire de reconnaissance a été effectué en fin de saison sèche (soit en octobre 2004) le long de sections du tracé du pipeline proposé, près du corridor forestier Mantadia-Zahamena. Des observations supplémentaires des amphibiens et reptiles ont aussi été consignées. Des inventaires formels ont aussi été effectués le long de l'emprise du pipeline proposé durant la saison des pluies, en janvier et février 2005. Les méthodologies utilisées pour l'inventaire de l'herpétofaune du début de 2005 reprennent celles décrites pour le secteur local d'étude de la mine (volume J, annexe 2.1).

Avifaune

Des inventaires de référence de l'avifaune ont été effectués le long du tracé proposé du pipeline de septembre à octobre 2004 et de janvier à février 2005. La méthodologie utilisée est celle décrite pour le secteur local d'étude de la mine (volume J, annexe 2.1).

4.2.3.3 Résultats

Amphibiens et reptiles

Durant les inventaires de herpétofaune dans des zones sélectionnées le long de l'emprise du pipeline, 54 espèces d'amphibiens et 35 espèces de reptiles ont été recensées. Seulement une d'entre elles n'est pas endémique. Le nombre observé d'espèces d'amphibiens est supérieur à celui rapporté pour le Parc national Andasibe-Mantadia (amphibiens : 36 espèces; Parcs Nationaux Madagascar 2000).

Trois espèces de l'herpétofaune observées le long du secteur d'étude du pipeline sont sur la Liste rouge de l'Union mondiale pour la nature (UICN) et 15 espèces sont listées par la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES) (volume J, annexe 2.2, tableau 3).

La richesse en espèces, tant d'amphibiens (54) que de reptiles (32), était la plus grande dans la zone du corridor. Du total de 89 espèces recensées dans le secteur d'étude, seulement trois espèces se trouvaient à la fois dans la zone du corridor et dans la zone de tavy à cause principalement des efforts limités d'échantillonnage dans celle-ci. Toutes les espèces recensées sauf une, *Ptychadena mascareniensis*, sont des espèces endémiques. Cette espèce se retrouvait dans les deux zones; c'est aussi la seule espèce d'amphibien recensée dans la zone de tavy. Aucune espèce sur la liste UICN n'a été recensée dans la zone de tavy.

Les espèces ont été regroupées par zones (corridor, tavy) et habitats dans lesquels elles ont été observées (volume J, annexe 2.1). Les espèces uniques, c.-à-d. les espèces observées seulement dans une zone ou un habitat, ont aussi été identifiées. Le résumé concernant les espèces uniques est fourni au volume J, annexe 2.2. Les courbes cumulatives des espèces ont été calculées pour le secteur local d'étude et par habitat. Elles indiquent que l'effort d'échantillonnage des amphibiens était bon pour les habitats de forêt primaire et les forêts d'eucalyptus, mais non pour les marais et autres catégories d'habitats. Pour les reptiles, l'effort d'échantillonnage a été insuffisant pour permettre d'estimer la véritable richesse en espèces par habitat. Cependant, la courbe cumulative des espèces pour tous les amphibiens et reptiles et pour tous les habitats combinés permet de supposer

que, dans l'ensemble, peu d'espèces n'ont pas été détectées dans le secteur local d'étude.

Avifaune

Durant les inventaires des oiseaux dans des zones sélectionnées le long de l'emprise du pipeline, 93 espèces ont été recensées. Parmi elles, 77 sont des espèces endémiques et deux, *Acridotheres tristis* et *Numida meleagris*, sont des espèces exotiques. La richesse en espèces observée est moindre que dans le parc national Andasibe-Mantadia (112 espèces; Parcs Nationaux Madagascar 2000).

Huit espèces d'oiseaux observées dans le secteur local d'étude du pipeline sont sur la Liste rouge UICN et 14 espèces sont sur les listes CITES (volume J, annexe 2.2, tableau 3).

La richesse en espèces était plus grande dans la zone du corridor. Du total des 93 espèces recensées dans le secteur local d'étude, 35 se trouvaient dans les deux zones (corridor et tavy). Les deux espèces exotiques ont été observées dans la zone de tavy, mais seulement l'*Acridotheres tristis* a été recensé dans la zone du corridor. Les huit espèces sur la liste UICN observées dans le secteur local d'étude ont été recensées dans la zone du corridor, alors que seul l'*Accipiter madagascariensis* a été recensé dans la zone de tavy.

4.2.4 Evaluation des impacts

4.2.4.1 Portée des enjeux

Le résumé de l'étude de référence décrivait les espèces de faune et habitats fauniques clés trouvés dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe, particulièrement en ce qui a trait aux espèces préoccupantes (UICN 2004; WCMC / PNUE 2005). L'objet de l'évaluation des impacts est d'évaluer les effets spécifiques sur les espèces et habitats clés présents dans le secteur local d'étude, d'identifier des stratégies permettant de réduire les effets potentiels associés au projet et de discuter du potentiel de réhabilitation de la zone aux conditions de l'habitat faunique antérieures à la perturbation. Au cours de la consultation publique, des enjeux et des préoccupations diverses ont été identifiés associés aux impacts potentiels du pipeline sur la biodiversité, y compris la faune (volume A, section 6). Les principaux enjeux associés aux espèces de faune comprennent :

- les impacts potentiels de la construction et de l'opération du pipeline et des routes d'accès connexes sur les populations d'espèces rares et en danger, particulièrement dans le corridor Mantadia-Zahamena

- les effets directs et indirects de la construction et de l'opération sur les habitats fauniques
- la fragmentation de l'habitat et les impacts potentiels sur les déplacements d'espèces de faune
- les effets potentiels sur la santé de la faune dus aux changements de la qualité de l'eau et de l'air, particulièrement dans le marais de Torotorofotsy.

Ces enjeux peuvent être résumés sous la forme de questions clés :

Question clé F-1 **Quel effet le projet aura-t-il sur l'abondance et la distribution de la faune?**

Question clé F-2 **Quel effet le projet aura-t-il sur le mouvement des espèces de faune?**

Question clé F-3 **Quel effet le projet aura-t-il sur la santé de la faune?**

Le pipeline de pulpe s'étendra sur environ 195 km entre l'usine de préparation de minerai de la mine et le site de l'usine de Toamasina. Le tracé subira encore quelques légers ajustements afin d'éviter davantage les lieux sensibles tels que les pentes raides et les fragments forestiers de grande valeur.

La largeur de l'empreinte du pipeline variera entre 25 et 100 m, selon les pentes ; aux fins de cette étude, la largeur moyenne a été fixée à 50 m. Le pipeline sera enfoui sauf près de l'usine de préparation de minerai de la mine et du site de l'usine à Toamasina, ainsi qu'à plusieurs franchissements de cours d'eau, où la conduite sera suspendue au-dessus de chenaux de rivière profonds. Une route d'inspection sera aménagée le long de la majeure partie du tracé proposé, en évitant les zones vulnérables sur le plan environnemental.

Les autres perturbations du milieu physique associées au pipeline comprennent la construction de routes d'accès au tracé proposé du pipeline, de bases vie et d'aires de travail. L'emplacement de ces installations reste à finaliser. Les bases vie et les aires de travail seront progressivement remises en état pendant et après la construction.

Les activités du projet pourraient affecter la faune par la perte et l'altération de l'habitat, par une mortalité directe et indirecte, et par des changements de l'accessibilité et de l'utilisation. La perte directe d'habitat peut être causée par le défrichement du site. La perte indirecte d'habitat peut être causée par une perturbation sensorielle et les émissions atmosphériques, notamment de

poussière. Des mortalités directe et indirecte peuvent être engendrées par le défrichement de l'habitat lors de la construction ou de l'opération, par la suppression de la faune occasionnant des nuisances et par l'interaction de la faune avec les infrastructures. Des modifications de l'accessibilité et de l'utilisation du secteur peuvent amener une augmentation de la chasse et de la cueillette et accroître le potentiel de collisions véhicule-faune. La fragmentation de l'habitat et les obstacles au mouvement peuvent affecter les déplacements et la dispersion de la faune. Ces effets sont principalement un résultat des activités de construction et d'opération. La réhabilitation des zones affectées devrait par contre entraîner des effets positifs sur la faune et l'habitat faunique.

Les impacts sur la faune, qui pourraient se produire pendant la construction et l'opération, sont répertoriés dans un diagramme de liens (volume H, annexe 9).

Pour chacun des effets associés au projet, une analyse des liens d'impact est présentée pour chaque enjeu, suivie d'une section sur les mesures d'atténuation, d'une analyse des impacts, d'une classification des impacts résiduels et d'une section sur la surveillance. Lorsque les enjeux sont reliés, (par ex., les effets de lisière), ils sont analysés et traités ensemble afin d'éviter les répétitions.

4.2.4.2 Question clé F-1 : Quel effet le projet aura-t-il sur l'abondance et la distribution de la faune ?

La perte d'habitat peut être causée par les activités des phases de construction et d'opération. La perte d'habitat peut être le résultat des facteurs suivants :

- défrichement du site
- changement dans l'écoulement de l'eau
- perturbation sensorielle
- émissions atmosphériques, incluant la poussière
- fragmentation
- obstacles au mouvement.

La perte d'habitat faunique peut survenir à la suite d'activités directes ou indirectes. La perte directe d'habitat résulte de la destruction matérielle de l'habitat par le défrichement du site pendant les phases de construction et d'opération du projet. La perte directe d'habitat peut aussi résulter de la fragmentation de l'habitat, au cours de laquelle la qualité de l'habitat est réduite au point où il n'est plus fréquenté par la faune. Dans le cas d'une perte indirecte d'habitat, l'habitat reste disponible physiquement mais la faune préfère, ou n'est

pas capable, de l'utiliser à cause de barrières physiques et de perturbations sensorielles. La perte directe d'habitat, la fragmentation initiale et la perturbation sensorielle seront davantage associées à la phase de construction, tandis que les obstacles au mouvement et la perte indirecte d'habitat due aux effets de lisière sont plutôt associés à la phase d'opération. Néanmoins, les deux phases du projet pourraient entraîner une perte directe et indirecte d'habitat. La fragmentation de l'habitat et les obstacles au mouvement sont traités avec la question clé F-2.

Perte directe d'habitat

Liens d'impacts potentiels

Défrichement du site

La perte directe d'habitat est l'effet le plus visible et elle se produit lorsque le territoire est défriché à d'autres fins. Comme certaines installations (par ex. les routes principales) seront permanentes, sur toute la durée du projet, la perte d'habitat associée à ces installations est à long terme. Le défrichement du site est surtout associé à la construction du pipeline, ainsi qu'aux routes au moment de la fermeture.

Changement de l'hydrologie

Une perte d'habitat pourrait survenir suite à des changements de ruissellement, d'écoulement fluvial et de charge solide dans les cours d'eau. Comme de tels impacts sont prévus pendant la phase de construction du projet (volume C, section 3.6), ceci pourrait affecter certaines espèces terrestres semi-aquatiques.

Méthodologie d'évaluation

Défrichement du site

Les changements de superficie entre les conditions de référence et le scénario d'impact ont été évalués pour chaque type d'habitat en se basant sur les classes de végétation cartographiées du secteur local d'étude du pipeline de pulpe. Le tracé du pipeline, d'une largeur moyenne supposée de 50 m, a été superposé sur la carte des classes de végétation afin d'évaluer les impacts. La longueur totale des cours d'eau a été calculée pour les ruisseaux et rivières du secteur local d'étude, sans égard à leur importance. Les autres perturbations du milieu physique associées au pipeline comprennent la construction de routes d'accès au tracé proposé du pipeline, de bases vies et d'aires de travail. Tel que mentionné plus haut, l'emplacement de ces installations reste à finaliser et il a donc été impossible d'évaluer quantitativement les impacts sur les habitats. Les impacts potentiels de ces éléments sont donc examinés de manière qualitative. La réhabilitation restaurera les habitats mais n'est pas évaluée quantitativement puisque la portée géographique de chaque mesure de réhabilitation n'est pas

encore connue. Les impacts sur les espèces fréquentant les habitats affectés sont donc évalués de façon qualitative.

Changement de l'hydrologie

Les impacts potentiels sur la faune dus aux changements de ruissellement, d'écoulement fluvial et de charge solide dans les cours d'eau font l'objet d'une évaluation qualitative basée sur l'évaluation qualitative de l'hydrologie (volume C, section 3.6).

Critères d'évaluation

Les critères de description utilisés pour la faune sont présentés au tableau 4.2-1. Lorsque les valeurs quantitatives sont impossibles à fixer, les impacts ont été déterminés d'après la littérature, l'opinion de spécialistes locaux et le jugement professionnel.

Tableau 4.2-1 Critères de description des impacts sur la faune

Orientation[(a)]	Intensité [(b)]	Portée géographique [(c)]	Durée[(d)]	Réversibilité[(e)]	Fréquence[(f)]
positive, **négative** ou **neutre** pour le critère mesuré	**négligeable** : aucun effet mesurable sur le critère mesuré **faible** : <10 % de changement dans le critère mesuré **moyenne** : 10 à 20 % de changement dans le critère mesuré forte : >20% change in critère de mesure	**locale** : effet restreint au secteur local d'étude **régionale** : effet s'étendant au-delà du secteur local d'étude dans le secteur régional d'étude **supra-régionale** : effet s'étendant au-delà du secteur régional d'étude	**court terme** : <3 ans **moyen terme** : 3 à 30 ans **long terme** : >30 ans	**réversible** ou **irréversible**	**faible** : se produit une seule fois **moyenne** : se produit par intermittence **élevée** : se produit en continu

(a) Orientation : effet positif ou négatif sur les critères mesurés, tels que définis pour l'élément spécifique.
(b) Intensité : degré de changement dans le critère mesuré.
(c) Portée géographique : secteur touché par l'impact.
(d) Durée : période de temps au cours de laquelle l'impact environnemental se fait sentir. Il faut prévoir une période de construction de 3 ans et une période d'opération de 27 ans.
(e) Réversibilité : l'effet sur la ressource (ou la capacité de la ressource) peut être ou non renversé.
(f) Fréquence nombre de fois où l'impact environnemental se produit.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation qui réduiront les effets sur la faune de la perte et de l'altération de l'habitat causés par le défrichement du tracé et les changements de l'hydrologie dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe comprennent :

Eléments de conception

- Le tracé du pipeline traverse principalement (environ 95 %) des zones déjà perturbées ou dégradées. Il a été choisi de façon à éviter les

fragments de forêt zonale primaire et les zones humides présentant une valeur biologique, particulièrement le marais de Torotorofotsy et le Parc national de Mantadia.

- Le long du tracé entre les deux sections du Parc national d'Andasibe-Mantadia, le pipeline sera construit de manière à permettre la prolifération des arbres et arbustes ainsi qu'à améliorer la couverture forestière et la connectivité lors de l'opération et après la fermeture.

Techniques d'atténuation

- Des surveillants de l'environnement seront à l'œuvre avant la construction. En ce qui a trait à la faune, l'accent sera mis sur les quelques secteurs où les activités perturberont davantage de végétation naturelle, notamment à certains franchissements de rivières. Dans ces zones, les espèces de faune figurant dans les listes UICN et CITES seront autant que possible relocalisées ou capturées avant le défrichement.
- Les surveillants de l'environnement évalueront aussi les points de franchissement de cours d'eau avant la construction et identifieront les lieux ou sections particulièrement sensibles. Dans la mesure du possible, les franchissements proposés éviteront les sites identifiés comme sensibles. Tous les franchissements seront établis de façon à causer une perturbation de largeur aussi faible que possible. Les méthodes de construction comprendront des mesures de contrôle du débit solide et de lutte contre l'érosion.
- Des mesures de contrôle du débit solide, de protection de la qualité de l'eau et d'autres mesures d'atténuation propres au site seront mises en place, particulièrement aux points de franchissement de cours d'eau.

Réhabilitation et fermeture

- Le pipeline et les autres zones perturbées telles que les bases vies et les aires de travail seront progressivement réhabilités pendant et après la construction.
- Dans les zones sensibles, la forêt sera remise en état et aucune route d'inspection ne sera maintenue. Plus particulièrement, les sections du pipeline descendant de la mine vers le marais de Torotorofotsy, dans la zone de visibilité de ces zones humides, seront reboisés. Les sections du pipeline passant dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena directement entre les aires protégées de Mantadia et Analamazaotra seront aussi reboisés et il n'y restera pas de route d'inspection. Ces importantes mesures d'atténuation s'insèrent dans l'engagement du promoteur envers le projet de corridor forestier régional.
- Le pipeline de pulpe sera abandonné en place (enfoui) lors de la fermeture. Les sections exposées seront démantelées et supprimées, à

moins qu'un processus de planification régionale ne détermine qu'il y ait avantage à les laisser en place. La route d'inspection le long du pipeline de pulpe ainsi que les routes d'accès et ponts connexes seront normalement laissés en place, mais pourraient être démantelés à la fermeture, selon la décision des parties prenantes locales et des planificateurs du gouvernement.

Analyse des impacts

Défrichement du site

La superficie des nouvelles perturbations associées au pipeline de pulpe sera de 936 ha (tableau 4.2-2). Cette valeur ne comprend pas les routes d'accès au tracé proposé du pipeline, les bases vie des travailleurs et les aires de travail car l'emplacement de ces installations connexes reste à finaliser. Suite à l'optimisation du tracé, les principaux impacts du pipeline de pulpe se produiront dans des habitats déjà perturbés. Des 936 ha qui seront perturbés, moins de 5 % sont des habitats primaires non perturbés.

Tableau 4.2-2 Changement (en %) de superficie de l'habitat résultant du défrichement dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe

Type d'habitat	Scénario de référence (ha)	Scénario d'impact (ha)	Changement (ha)	Changement (%)
forêt azonale	81	81	0	0
forêt de transition	187	182	-5	-2,7
forêt zonale dégradée	1 537	1 484	-53	-3,4
forêt zonale primaire	1 403	1 380	-23	-1,6
bordure de marais	26	26	0	0
zones humides	406	401	-5	-1,2
eau	128	128	0	0
savanes arbustives et prairies côtières[(a)]	297	293	-4	-1,3
défrichement/tavy	30 778	29 978	-800	-2,6
pâturages	308	306	-2	-0,6
rizières	278	269	-9	-3,2
terres boisées / plantations	693	658	-35	-5,1
autres[(b)]	153	153	0	0
total	**36 275**	**35 339**	**-936**	**-2,6**

(a) Inclut les habitats du type cordon de dune littoral.

(b) Inclut les sites industriels, carrières, voies ferrées, routes et villages.

La richesse en espèces d'herpétofaune était la plus grande dans les habitats de forêt zonale primaire recensés dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe. La richesse était nettement moindre dans les autres habitats, particulièrement

ceux qui sont déjà perturbés. Bien que l'habitat de chaque espèce d'oiseau n'ait pas été recensé, plus de 80 % de l'avifaune recensée dans le secteur local d'étude est constituée d'espèces forestières. Les principaux impacts potentiels de la construction du pipeline affecteraient donc les espèces occupant les habitats forestiers. Le tracé du pipeline a été optimisé de façon à éviter la forêt zonale primaire autant que possible, ce qui réduit les impacts sur les populations de faune. Seulement 23 ha (2,4 % du tracé du pipeline) se trouvent en forêt zonale primaire.

L'emplacement des routes d'accès, bases vie et aires de travail n'étant pas finalisé, leurs impacts sur les habitats sont inconnus. Cependant, les bases vie, aires de travail et certaines routes seront remis en état progressivement pendant et après la construction, limitant ainsi la durée de la perte d'habitat. L'objectif biologique clé pour le tracé proposé du pipeline sera de réduire la perte d'habitats, y compris par des mesures de lutte contre l'érosion. Cependant, l'objectif dans les zones sensibles clés telles que le corridor forestier Mantadia-Zahamena sera le reboisement, dans le cadre d'un projet régional. Les impacts sur les espèces dans les habitats primaires clés seront aussi atténués autant que possible par la translocation d'espèces choisies, lorsque envisageable, avant la construction du pipeline, dans un des rares habitats non perturbés traversés, particulièrement près du site de la mine. Combinées avec une réhabilitation progressive et rapide du tracé du pipeline, ces mesures réduiront les impacts sur les espèces de faune.

Changement de l'hydrologie

Le long du tracé du pipeline les changements prévus dans le ruissellement et l'écoulement fluvial sont généralement négligeables (volume C, section 3.6). Les changements dans les charges solides devraient aussi être négligeables puisque des mesures de lutte contre l'érosion seront mises en place. Aux points de franchissement de cours d'eau par le pipeline, les changements prévus dans l'écoulement fluvial et la concentration en matières solides sont de moyens à élevés pendant la construction, mais deviennent négligeables à faibles pendant l'opération et lors de la fermeture. Par conséquent, les impacts sur la faune résultant de changements de l'écoulement fluvial et de la concentration en matières solides devraient être plus grands pendant la phase de construction; toutefois, ces perturbations seront localisées et temporaires.

Des 1 393 km de cours d'eau dans le secteur local d'étude, un maximum de 33 km (2,4 %) sera affecté (tableau 4.2-3). Cet impact n'inclut pas les routes d'accès, bases vie ou aires de travail, mais des mesures d'atténuation limiteront les perturbations à la phase de construction pour la plupart des cours d'eau. Comme la majorité des franchissements seront enfouis, les impacts se limiteront à la phase de construction. Lorsque la route doit franchir un cours d'eau, des

ponts et des ponceaux seront installés pendant la construction, susceptibles d'altérer l'habitat du cours d'eau. Bien que certaines routes seront conservées après la construction, selon les objectifs de la planification régionale, d'autres seront temporaires, si bien que leurs impacts sur les habitats fauniques des cours d'eau seront eux aussi temporaires.

Tableau 4.2-3 Cours d'eau affectées par le pipeline de pulpe

Type d'habitat	Scénario de référence (km)[(a)]	Scénario d'impact (non perturbé) (km)	Changement (perturbé) (km) [(b)]	Pourcentage affecté (%)
ruisseaux et rivières (km)	1 393	1 360	-33	-2,4

[(a)] Sur la base d'une largeur moyenne du pipeline proposé de 50 m.

[(b)] Cette valeur n'inclut pas les impacts des routes d'accès, bases vie or aires de travail.

Classification des impacts résiduels

Les impacts résiduels et les conséquences sur l'environnement d'une perte directe d'habitats fauniques clés résultant de la construction et de l'opération du pipeline de pulpe sont présentés au tableau 4.2-4.

Selon les prévisions, les conséquences sur l'environnement associées au défrichement du site seront faibles car l'intensité des perturbations est faible et leur portée est locale, bien que les effets se feront sentir à long terme. Ainsi, la conséquence sur l'environnement est également faible pour la faune, y compris les espèces rares occupant ces habitats (volume J, annexe 2.2). Les petites surfaces de forêt de transition et de zones humides défrichées pour le pipeline seront perdues de façon permanente car ces habitats ne peuvent être recréés.

Tableau 4.2-4 Classification des impacts résiduels associés à la perte directe d'habitat

Elément	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Défrichement du site							
forêt azonale	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
forêt de transition	négative	faible	locale	long terme	irréversible	faible	faible
forêt zonale dégradée	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
forêt zonale primaire	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
bordure de marais	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
zones humides	négative	faible	locale	long terme	irréversible	faible	faible
eau	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
savanes arbustives et prairies côtières[(a)]	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
espèces de faune	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
Enjeu : Changement de l'hydrologie							
cours d'eau	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	faible

[(a)] Inclut les habitats du type cordon de dune littoral.

s.o. = Sans objet (impacts neutres non classés).

Les impacts résiduels prévus sur les habitats des ruisseaux et rivières sont faibles. Les principaux impacts sur le débit et la concentration en matières solides se produiront pendant la construction et seront temporaires. Ces impacts deviendront négligeables ou faibles pendant l'opération. La conséquence prévue sur l'environnement des changements dans les habitats fauniques dus à l'altération ou à la perte de sections de ruisseaux est faible car l'intensité de l'impact est faible, et les effets prévus seront localisés, de courte durée, réversibles, et se produiront une seule fois pendant la construction.

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions relatives aux impacts sur l'habitat résultant du défrichement du site est élevé. La portée géographique des pertes d'habitat le long du tracé proposé du pipeline est bien connue.

Les incertitudes dans la prévision des impacts sur la faune résultant de la perte directe d'habitat relèvent des facteurs suivants:

- Les associations espèce-habitat sont dérivées d'un nombre limité d'observations selon les recensements sur le terrain.
- L'emplacement et la superficie des routes d'accès, bases vie et aires de travail restent à définir, si bien que les effets additionnels à la perte directe d'habitat ne peuvent être prévus.

Surveillance

La réhabilitation des habitats forestiers naturels est prévue pour les sections du pipeline situées dans le corridor forestier Mantadia-Zahamena, dans le cadre d'un projet de corridor régional de compensation carbone. Dans les conditions de référence, ces zones sont déjà perturbées. Le succès de la réhabilitation sera évalué à travers la surveillance de la végétation de ces sites.

Perte indirecte d'habitat

Liens d'impacts potentiels

Pour un examen des causes potentielles de perte indirecte d'habitat, voir le volume B, section 4.2. Les impacts se produiront surtout le long du tracé proposé du pipeline, là où il existe présentement des habitats primaires.

Perturbation sensorielle

Le bruit dépassera les niveaux de référence pendant la phase de construction du pipeline de pulpe, mais les effets pendant l'opération seront minimes et se limiteront à des activités de maintenance (volume C, section 3.4). La construction du pipeline se fera pendant le jour et ne nécessitera donc pas de lumières. Aucun système d'éclairage ne sera nécessaire pendant l'opération.

Effets de lisière

Effets de la poussière

En raison de l'augmentation des perturbations du sol causées par la construction du pipeline ainsi que de la poussière soulevée sur les routes d'inspection et d'accès pendant l'opération du projet, il y a une plus forte probabilité que la poussière infiltre les habitats non perturbés adjacents.

Introduction d'espèces exotiques et envahissantes

Avec l'augmentation des activités humaines pour la construction et l'opération du pipeline de pulpe, des espèces exotiques et envahissantes sont fortement susceptibles d'être introduites dans des zones jusqu'alors non perturbées. La présence et les habitats des espèces exotiques et envahissantes aux conditions de référence sont présentés dans l'étude de référence sur la faune (volume J, annexe 2.1). Bien que 95 % du tracé proposé du pipeline se situe en zone déjà perturbée, il y a une possibilité que ces espèces envahissent les zones réduites nouvellement perturbées dans le secteur local d'étude.

L'augmentation des accès et des lisières résultant de l'aménagement du projet crée un mécanisme à la fois pour l'introduction (c.-à-d. le transport par l'humain) et l'invasion (c.-à-d. l'empiètement depuis les zones adjacentes) d'espèces végétales et animales exotiques et envahissantes.

Changements microclimatiques

La majeure partie de la zone à défricher sur le tracé proposé du pipeline et pour les infrastructures connexes est déjà perturbée. Il y aura néanmoins une augmentation temporaire de la quantité d'habitat de lisière entre les milieux forestiers et non forestiers après la construction du pipeline. Des changements dans la faune sont susceptibles de se produire le long de l'écotone.

Méthodologie d'évaluation

Perturbation sensorielle

Bruit

Les impacts potentiels sur la faune, basés sur les changements prévus des niveaux de bruit, sont examinés en termes qualitatifs.

Effets de lisière

Poussière, espèces envahissantes et changements microclimatiques

L'évaluation des impacts dus aux effets de lisière a supposé que ces effets se produisent sur une distance donnée de toute lisière d'origine anthropique. Une zone tampon de 100 m a été ajoutée à l'empreinte au sol du pipeline et les impacts ont été déterminés en calculant la superficie de chaque type d'habitat dans la zone tampon. Une largeur de zone tampon de 100 m a été utilisée en se fondant sur la distance médiane des impacts rapportés pour divers écosystèmes (par ex. poussière : 40 à 300 m [Tamm et Troedsson 1955 cité dans Forman 1995; Alexander et Miller 1997]; espèces envahissantes : des centaines à milliers de mètres [Brocke et al. 1990 cité dans Forman 1995]; effets microclimatiques : jusqu'à 50 m [Turton et Siegenthaler 2001]). Comme la longueur et le tracé des routes connexes ne sont pas finalisés, il a été impossible d'évaluer quantitativement les impacts associés à ces éléments. Une évaluation qualitative

des impacts du réseau routier sur les habitats et sur les espèces fréquentant tous ces habitats affectés a été réalisée. La portée géographique de chaque habitat qui subit des impacts par ces effets de lisière s'ajoute aux pertes directes d'habitat et doit donc être prise en compte en même temps avec les pertes dues aux autres effets indirects.

Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation sont les mêmes que pour la perte directe d'habitat (voir tableau 4.2-1).

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation qui permettraient de réduire la perte indirecte d'habitat et l'altération comprennent :

Eléments de conception

- pots d'échappements sur les véhicules pour réduire le bruit

Techniques d'atténuation

- restriction pour les travailleurs de rester à l'intérieur du tracé proposé du pipeline; il n'y aura aucune activité hors site
- mesures de lutte contre la poussière mises en place sur les routes
- Capture et suppression des rongeurs exotiques autour des bases vie de chantier temporaires

Réhabilitation et fermeture

- Le tracé proposé du pipeline et certaines routes seront réhabilités après la fermeture, ce qui réduira les effets de lisière. L'utilisation d'espèces natives pour la réhabilitation aidera à contrôler l'introduction d'espèces exotiques.

Analyse des impacts

Perturbation sensorielle

Le niveau de bruit le plus élevé se produira pendant la phase de construction en raison des travaux de défrichement, de terrassement et de pose du pipeline. Des niveaux de bruit atteignant 45 dBA sont prévus jusqu'à une distance de 500 à 700 m de ces activités et ils pourront durer jusqu'à une semaine en tout point du tracé du pipeline, compte tenu d'une progression évaluée à 700 m par jour (volume C, section 3.4). Comme la construction se fera le jour, les impacts sur les animaux nocturnes seront négligeables. Pendant l'opération, le bruit proviendra d'un seul véhicule visitant les sites pour une inspection occasionnelle. Dans les zones

réhabilitées pendant les phases de construction et de fermeture, le niveau de bruit dû aux véhicules et aux humains dépassera temporairement le niveau de référence. Les espèces les plus susceptibles d'être affectées par le bruit comprennent celles qui ont recours à la vocalisation pour la reproduction [par ex. amphibiens (Barass 1985), oiseaux, lémurs] et les espèces craintives des zones où le bruit dépassera le niveau de référence. Ces effets seront cependant temporaires et limités à la phase de construction.

Effets de lisière

Poussière, espèces envahissantes et changements microclimatiques

Parmi les habitats fauniques clés, ceux qui subiront des impacts potentiels les plus élevés à cause des effets de lisière dus à la construction et à l'opération du pipeline seront la forêt zonale dégradée et la forêt de transition, qui perdront respectivement 12,8 % et 9,85 % de leur superficie (tableau 4.2-5). Les effets de lisière influenceront 94 ha de forêt zonale primaire (6,7 %) dont 6 ha (4,6 %) d'habitat aquatique et 21 ha (5 1%) d'habitats des zones humides. Ces impacts s'ajoutent aux pertes directes dues au défrichement du site. Les habitats de la forêt azonale et des bordures de marais ne devraient pas être affectés par la poussière, les espèces exotiques et envahissantes ou les changements microclimatiques résultant de la création de lisières. Comme le pipeline sera construit principalement (95 %) dans des habitats déjà perturbés, les impacts dus aux effets de lisière créés par la construction du pipeline de pulpe seront réduits. Les effets de lisière dus à la construction des routes d'accès et d'inspection ne sont pas couverts par cette évaluation.

Tableau 4.2-5 Habitats (ha) situés à l'intérieur des 100 m de la zone d'effets de lisière de part et d'autre du pipeline de pulpe

Type d'habitat	Scénario de référence (ha)	Scénario d'impact (ha)	Changement (ha)	Changement (%)
azonal	81	81	0	0
de transition	187	169	-18	-9,8
forêt zonale dégradée	1 537	1 340	-197	-12,8
forêt zonale primaire	1 403	1 309	-94	-6,7
bordure de marais	26	26	0	0
zones humides	406	385	-21	-5,1
eau	128	122	-6	-4,6
savanes arbustives et prairies côtières[(a)]	297	280	-17	-5,7
défrichement/tavy	30 778	27 569	-3 209	-10,4
pâturages	308	300	-8	-2,5
rizières	278	245	-33	-11,8
terres boisées / plantations	693	557	-136	-19,6
autres[(b)]	153	140	-13	-8,4
total	**36 275**	**32 523**	**-3 752**	**-10,3**

(a) Inclut les habitats du type cordon de dune littoral.

(b) Inclut les sites industriels, carrières, voies ferrées, routes et villages.

Classification des impacts résiduels

Les impacts résiduels résultant des effets indirects sont présentés au tableau 4.2-6.

Tableau 4.2-6 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la perte indirecte d'habitat

Taxon	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : perturbation sensorielle – bruit							
espèces utilisant la vocalisation pour la reproduction	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
espèces craintives	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
autres espèces	neutre à négative	négligeable	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
Enjeu : effets de lisière							
forêt azonale	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
forêt de transition	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
forêt zonale dégradée	négative	moyenne	locale	long terme	réversible	faible	moyenne
forêt zonale primaire	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
bordure de marais	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
zones humides	négative	faible	locale	moyen à long terme	réversible	faible	faible
eau	négative	faible	locale	moyen à long terme	réversible	faible	faible
savanes arbustives et prairies côtières[(a)]	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
espèces de faune	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	faible	faible

[(a)] Inclut les habitats du type cordon de dune littoral.

s.o. = Sans objet (impacts neutres non classés).

Perturbation sensorielle

Bruit

La conséquence sur l'environnement du bruit généré par le projet est négative et négligeable pour les espèces susceptibles d'être affectées puisque le niveau de bruit prévu est faible, que l'impact se produira principalement pendant la construction et qu'il affectera seulement le milieu local. Les effets de bruit associés au projet seront très faibles et peu fréquents pendant l'opération, et supprimés après la fermeture.

Effets de lisière

Poussière, espèces envahissantes et changements microclimatiques
La conséquence sur l'environnement des effets de lisière dus à la poussière, à l'empiètement d'espèces envahissantes et aux changements microclimatiques est négative et moyenne pour la forêt zonale dégradée parce que l'intensité de la perte indirecte d'habitat est moyenne et d'une durée à long terme, jusqu'à la réhabilitation de l'habitat. Pour tous les autres habitats subissant un impact dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe, la conséquence prévue sur l'environnement est faible sachant que la portée géographique de l'impact est faible. La création d'habitat de lisière ne se produira qu'une seule fois pour chaque habitat, lors du défrichement du site, et les effets sont réversibles. La durée des effets de lisière pour les habitats aquatiques et ceux des zones humides varie selon qu'ils se produisent dans des habitats forestiers (long terme) ou non forestiers (moyen terme).

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions sur la portée géographique des impacts des effets de lisière sur les habitats est élevé car ces impacts ont fait l'objet d'une modélisation spatiale. Les effets sur les groupes de faune spécifiques sont moins bien compris, compte tenu du niveau de connaissance actuelle sur l'écologie de ces espèces. Le niveau de confiance pour les effets sur la faune est moyen.

Surveillance

Comme les effets indirects de la perturbation sensorielle due à la construction et à l'opération seront temporaires, aucun programme formel de surveillance n'est proposé. Dans les zones proches du site de la mine, des espèces choisies des habitats azonaux et de transition feront l'objet d'une surveillance dans le cadre du programme général de surveillance de la faune (volume B, section 4.2).

Mortalité directe

Liens d'impacts potentiels

Pour un examen des causes potentielles de mortalité directe, voir le volume B, section 4.2. Les impacts potentiels se produiront surtout dans les zones longeant le tracé proposé du pipeline où il existe actuellement des habitats primaires. La mortalité directe peut être le résultat du défrichement du site, de l'attraction d'une faune occasionnant des nuisances par les base vies temporaires, des collisions véhicule-faune pendant principalement la construction, et des possibilités de chasse et de cueillette créées par les nouveaux moyens d'accès.

Méthodologie d'évaluation

La portée géographique déterminée pour la perte directe d'habitat a servi de corrélat pour la mortalité due au défrichement du site. Les impacts sur la faune sont évalués qualitativement. Une évaluation qualitative a été réalisée pour la faune occasionnant des nuisances, les collisions véhicule-faune et la chasse/cueillette, puisque ces effets ne peuvent être quantifiés.

Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation sont les mêmes que pour la perte directe d'habitat (voir tableau 4.2-2).

Mesures d'atténuation

Eléments de conception

- Le tracé du pipeline traverse principalement (environ 95 %) des zones déjà perturbées ou dégradées. Il a été choisi de façon à éviter les fragments de forêt zonale primaire incluant le parc national de Mantadia et les zones humides présentant une valeur biologique, particulièrement le marais de Torotorofotsy. De plus, les tracés des routes d'accès et de service seront choisis de façon à éviter autant que possible les habitats primaires. Aucune route d'inspection ne sera aménagée dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena entre les deux parcs nationaux.

Techniques d'atténuation

- Dans les quelques zones où la forêt naturelle ou dégradée sera perturbée, certaines espèces de faune rares qui ne se déplacent pas devant la construction seront relocalisées ou recueillies avant le défrichement du site.
- Un programme de gestion des déchets sera mis en place afin d'éliminer tout ce qui pourrait attirer les espèces occasionnant des nuisances.
- Un programme de gestion de la faune occasionnant des nuisances sera mis en place et comprendra le piégeage et la suppression.
- Un programme de sensibilisation du personnel, incluant une politique d'interdiction de la chasse, sera mis en place.
- Une signalisation sera installée et des limitations de vitesse seront appliquées.

Analyse des impacts

Défrichement du site

Selon une largeur moyenne de 50 m, le défrichement pour le tracé du pipeline proposé créera 936 ha de nouvelles clairières et zones perturbées. La plupart des

impacts (800 ha) se produiront dans des clairières et des zones de tavy existantes, si bien que le risque pour les espèces forestières se limitera aux habitats clés. Des forêts primaires dégradées, primaires et de transition constituent la majorité des habitats clés affectés, pour une perte combinée de 81 ha (voir tableau 4.2-2). Les espèces lentes et moins mobiles (par ex. amphibiens, reptiles, petits lémurs nocturnes) et les animaux juvéniles occupant ces habitats sont les plus exposées au risque de mortalité. Dans le cadre d'une initiative de planification régionale visant à rétablir la connectivité dans le corridor forestier Mantadia-Zahamena, les habitats déjà perturbés le long de l'emprise du pipeline seront rehabilités avec pour objectif ultime la régénération de la forêt zonale primaire, ce qui accroîtra la superficie de ces habitats par rapport aux conditions de référence. Il est prévu que les populations de faune de ces zones augmentera et, avec le temps, compensera les pertes dues au défrichement du site.

Classification des impacts résiduels

Les impacts résiduels résultant des effets indirects sont présentés au tableau 4.2-7.

Défrichement du site

La conséquence prévue sur l'environnement attribuable à la mortalité directe est la plus élevée pour les espèces à vaste aire de répartition. Bien que l'intensité des impacts soit faible et leurs effets temporaires, leur portée géographique est régionale pour les populations qui s'étendent au-delà du secteur local d'étude. Pour toutes les autres espèces, y compris les espèces rares et lentes ou les espèces sessiles, les impacts résiduels prévus sont négligeables car l'intensité des effets est faible, leur portée se limite au secteur local d'étude et leur durée est courte, pendant la phase de construction ; ces effets seront réversibles si les populations restantes peuvent compenser les pertes. Les impacts seront réduits par des mesures d'atténuation comprenant l'évitement des habitats primaires, la capture d'espèces clés avant la construction et leur relocalisation dans les quelques zones non perturbées qui seront traversées.

Faune occasionnant des nuisances

Selon les estimations, l'intensité de cet impact sur les populations de faune sera faible puisque les bases vies seront temporaires. Avec des mesures d'atténuation efficaces, la conséquence sur l'environnement de ces impacts devrait être négligeable.

Collisions véhicule-faune

Des collisions véhicule-faune devraient se produire sur toutes les routes, surtout pendant la phase de construction et dans les petites zones d'habitat à grande valeur. Par ailleurs, le trafic routier augmentera dans les environs, à l'extérieur du secteur local d'étude, à cause du projet (volume C, section 5.5). Ces routes sont

cependant construites en grande partie à travers des habitats déjà perturbés (c.-à-d. le tavy et l'agriculture).

Les impacts prévus affecteront surtout les espèces à vaste aire de répartition parce que, même si l'intensité des impacts est prévue faible, leurs effets seront de portée régionale pour les populations qui s'étendent au-delà du secteur local d'étude. Les espèces terrestres lentes, les espèces rares et les espèces à faible fécondité sont les groupes les plus à risque. Pour ces deux derniers groupes, les pertes d'individus pourraient affecter les populations. Pour toutes les espèces affectées, l'impact sera de longue durée dans les zones où les routes ne seront pas démantelées, mais les effets sont réversibles si les populations restantes peuvent compenser les pertes; la fréquence est moyenne car les pertes se produiront de façon intermittente. La sensibilisation des travailleurs, les limites de vitesse et la signalisation aideront à réduire l'intensité de ces impacts (c.-à-d. les taux de collision).

Chasse et cueillette

Dans les zones de tavy et les zones agricoles, et où il n'a pas de nouvel accès aux habitats primaires, les impacts devraient être faibles. Dans les zones où les routes ne seront pas démantelées, cependant, l'augmentation ou l'amélioration des accès à de nouveaux secteurs augmentera les risques pour les espèces chassées ou cueillies, un effet dont la durée s'étendra au-delà du projet. Comme la plupart de ces routes seront aménagées dans des zones déjà perturbées telles que le tavy et les terres agricoles, où la densité de population est déjà élevée, l'impact prévu des accès créés par le projet est faible. Par conséquent, même si l'intensité prévue des impacts est faible pour toutes les espèces, la conséquence sur l'environnement sera la plus élevée (moyenne) pour les espèces à vaste aire de répartition dont les populations s'étendent au-delà du secteur local d'étude.

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions sur la mortalité directe est moyen. Bien qu'il soit possible d'évaluer les effets relatifs et d'estimer les taux de mortalité types d'après l'expérience acquise dans d'autres projets de même nature, la conséquence sur l'environnement attribuable à ces effets est difficile à déterminer de manière précise.

Surveillance

Une surveillance sera maintenue afin d'aider à déterminer si les mesures d'atténuation sont efficaces ou si des ajustements sont nécessaires. Le promoteur mettra en oeuvre un programme de surveillance de la faune comprenant :

- un inventaire de tous les animaux enlevés avant et pendant le défrichement ou l'opération (c. à d. les espèces occasionnant des nuisances)
- une surveillance du comportement des conducteurs de véhicules tant pour des questions de sécurité que de protection de la faune. Toutes les pistes d'animaux utilisées régulièrement et traversant les routes d'accès seront identifiées par la mise en place de signalisation.

Tableau 4.2-7 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la mortalité directe

Elément	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Mortalité directe due au défrichement du site							
espèces rares	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
espèces communes lentes ou sessiles	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
espèces à vaste aire de répartition	négative	faible	régionale	court terme	réversible	moyenne	faible
autres espèces	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
Enjeu : Faune occasionnant des nuisances							
espèces natives	négative	faible	locale	court terme	réversible	moyenne	négligeable
autres espèces	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.
Enjeu : Collisions véhicule-faune							
espèces terrestres rares	négative	faible	locale	long terme	réversible	moyenne	faible
espèces terrestres communes lentes	négative	faible	locale	long terme	réversible	moyenne	faible
espèces à vaste aire de répartition	négative	faible	régionale	long terme	réversible	moyenne	moyenne
autres espèces	négative	faible	locale	long terme	réversible	moyenne	faible
Enjeu : Chasse et cueillette							
espèces rares	négative	faible	locale	long terme	réversible	moyenne	faible
espèces communes chassées ou cueillies	négative	faible	locale	long terme	réversible	moyenne	faible
espèces à vaste aire de répartition	négative	faible	régionale	long terme	réversible	moyenne	moyenne
autres espèces	neutre	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.	s.o.

s.o. = Sans objet (impacts neutres non classés).

Conclusions

La perte directe d'habitat et la mortalité directe dues au défrichement du site pendant la construction sont prévues comme les principaux impacts sur la faune.

Des mesures d'atténuation réduiront les impacts potentiels afin d'avoir une faible conséquence sur l'environnement dans tous les habitats. Grâce aux ajustements du tracé, la plupart des impacts du pipeline de pulpe se produiront dans des habitats déjà perturbés. Des 936 ha qui seront perturbés, moins de 5 % se trouveront dans des habitats primaires non perturbés. Comme la richesse en espèces est la plus grande dans les habitats primaires (volume J, annexe 2.1), le tracé du pipeline réduit considérablement les impacts potentiels sur la faune. De plus, les impacts sur les espèces des habitats primaires seront atténués autant que possible par la capture et la relocalisation d'espèces choisies avant la construction du pipeline. Les espèces recensées seulement dans les habitats de transition sont les plus exposées aux risques dus à l'aménagement du projet (volume J, annexe 2.1) puisque ces habitats ne pourront être restaurés.

La réhabilitation sera une des principales mesures d'atténuation des impacts sur la faune dus au défrichement du site, y compris ses effets indirects. Dans le secteur du marais de Torotorofotsy, les routes seront démantelées et le milieu restauré à moins que les autorités régionales ne demandent qu'elles soient conservées. Dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena, le tracé proposé du pipeline sera réhabilité rapidement et progressivement suite à la construction et aucune route d'inspection ne sera aménagée dans cette zone. Le reboisement de ce corridor améliorera ces habitats par rapport aux conditions de référence.

4.2.4.3 Question clé F-2 : Quel effet le projet aura-t-il sur le mouvement des espèces de faune ?

Liens d'impacts potentiels

Fragmentation

La fragmentation de l'habitat est un autre effet direct du défrichement du site. Elle se produit quand de vastes étendues continues d'habitat sont fragmentées en îlots plus petits et plus isolés (Meffe et Carroll 1994). Pour la plupart des espèces de faune, des îlots d'habitat petits et dispersés sont considérés de moindre qualité que des étendues continues et de plus grande superficie.

Les effets indirects de la création de lisières peuvent contribuer aux impacts dus à la fragmentation. La lisière forestière diffère de l'intérieur de la forêt aussi bien dans ses caractéristiques microclimatiques que biotiques (voir la section sur la perte indirecte d'habitat de la question clé F-1). Certains changements dus à la fragmentation peuvent être positifs (par ex., les papillons sont plus abondants dans les clairières s'il existe un habitat adéquat). Cependant, la fragmentation a un effet négatif sur les espèces qui ont besoin de vastes étendues d'habitat (par ex., les espèces de l'intérieur de la forêt et les espèces craintives). Pour une

analyse plus poussée de la fragmentation, consulter l'étude sur la biodiversité (volume C, section 4.4).

La construction de routes est un facteur majeur de la fragmentation des habitats forestiers (Reed et al. 1996). Les autres perturbations qui entraînent la fragmentation comprennent le défrichement de la forêt aux fins de développement, la coupe à blanc et la construction de servitudes (par ex., les pipelines et les corridors d'utilité).

Obstacles au mouvement

Les déplacements de la faune peuvent être affectés par la création d'obstacles physiques ou psychologiques au mouvement (par ex. les routes). Ces barrières peuvent entraîner indirectement une perte d'habitat en empêchant les animaux d'avoir accès à l'habitat (pour une analyse complète, consulter le volume B, section 4.2). Dans le cas de la composante pipeline du projet, les principaux obstacles au mouvement de la faune comprennent les routes d'accès et d'inspection ainsi que la perturbation sensorielle due aux activités de construction du projet. Alors que la perturbation sensorielle causée par la construction sera temporaire, certaines routes seront préservées au-delà de la durée du projet.

Méthodologie d'évaluation

Les effets à la fois de la fragmentation et des obstacles au mouvement sur la faune sont évalués qualitativement sur la base de l'interprétation des effets de la perte directe d'habitat.

Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation sont les mêmes que pour la perte directe d'habitat (voir tableau 4.2-1).

Mesures d'atténuation

Eléments de conception

- Le pipeline sera enfoui sauf pour quelques franchissements de cours d'eau et près de l'usine de traitement. Le long du tracé du pipeline entre les deux sections du Parc national d'Andasibe-Mantadia, le pipeline sera construit de manière à permettre la prolifération des arbres et arbustes ainsi qu'à améliorer la couverture forestière et la connectivité lors de l'opération et après la fermeture.
- Le tracé du pipeline traverse principalement (environ 95 %) des zones déjà perturbées ou dégradées. Il a été choisi de façon à éviter autant que

possible les habitats primaires, de façon à limiter la fragmentation. De plus, le tracé des routes évitera les habitats primaires autant que possible.

- Des ponceaux ou des ponts seront construits lorsque les routes d'accès et de service doivent franchir des cours d'eau, ce qui préservera la connectivité pour les espèces vivant le long des cours d'eau.

Techniques d'atténuation

- Pendant la construction du pipeline, les tranchées ouvertes seront limitées à de courtes sections, sur une brève durée afin de piéger un minimum d'animaux. Les animaux tombés dans les tranchées seront capturés et relâchés.

Réhabilitation et fermeture

- Le promoteur collaborera avec les planificateurs régionaux afin de rétablir la connectivité entre le parc national de Mantadia et les zones de conservation plus au sud. L'augmentation de la couverture forestière dans cette zone facilitera le mouvement de la faune par rapport aux conditions de référence.
- Des espèces natives seront utilisées après la construction, lors de la réhabilitation du tracé du pipeline dans les milieux sensibles, particulièrement dans le corridor de conservation Mantadia-Zahamena.

Compensation

- Le promoteur appuiera les initiatives dans la gestion communautaire des forêts et la planification régionale des ressources.

Analyse des impacts

Fragmentation

La construction du pipeline et des infrastructures devrait affecter de petites zones de forêt de transition, primaire et dégradée ainsi que des zones humides naturelles dans le secteur d'étude de Toamasina (tableau 4.2-5). Cependant, moins de 4 % de ces habitats subiront des impacts par le projet et l'optimisation du tracé pourrait réduire encore ces impacts. Aucune perte n'est prévue dans les habitats azonaux ou les bordures de marais. D'autres habitats dégradés supportant un moins grand nombre d'espèces seront aussi légèrement altérés. Bien que la perte et la fragmentation d'habitat puissent affecter négativement les populations et communautés, la quantité prévue de perturbations du paysage associées à la composante pipeline du projet est négligeable. Des légers changements de l'habitat correspondent à des changements de la superficie moyenne des îlots, de la connectivité et des lisières. Par conséquent, les impacts

de la fragmentation sur les populations de faune sont aussi prévus de niveaux faibles.

Obstacles au mouvement

Environ 200 km de nouvelles routes seront établies le long du pipeline aux fins de construction et de maintenance. Des routes d'accès seront aussi créées afin de relier le tracé du pipeline aux corridors existants de transport. La présence effective des routes, le trafic routier et la perturbation sensorielle associée aux activités de construction et de maintenance créeront un obstacle pour la faune tant qu'elles seront en place. Si les obstacles empêchent les animaux de se disperser ou de s'accoupler, les impacts sur les espèces touchées pourraient affecter les attributs génétiques et démographiques de ces populations. Les impacts seront les plus élevés pour les espèces craintives ou à vaste aire de répartition. Pour ces dernières, les impacts auraient une portée régionale. Cependant, la majeure partie du développement aura lieu dans des zones déjà perturbées entre les parcs nationaux de Mantadia et Andasibe, ce qui réduit les impacts sur les populations de faune.

Aucune route d'inspection ne sera maintenue le long du pipeline dans une partie vitale du corridor de conservation Mantadia-Zahamena, et le pipeline sera construit de manière à permettre le reboisement du tracé. Ces éléments de conception permettront de rétablir la connectivité entre des zones déjà perturbées, éliminant ainsi les obstacles existants dans des habitats sensibles clés. Dans les zones où des routes ont été construites puis démantelées après la fermeture, les mouvements fauniques ne seront plus limités.

Classification des impacts résiduels

Les impacts résiduels résultant de la fragmentation et des obstacles au mouvement sont présentés au tableau 4.2-8.

Fragmentation des habitats

La conséquence prévue sur l'environnement due à la fragmentation est négligeable pour tous les habitats, principalement parce qu'environ 95 % du tracé se trouve dans des zones déjà perturbées. L'intensité prévue des effets est donc négligeable, de portée locale, d'une durée à long terme, et les effets se produiront une seule fois lors du défrichement du site. Les impacts sur la faune dus aux effets de la fragmentation résultant de la construction du pipeline sont aussi prévus de niveau négligeable, encore une fois parce que le tracé suit principalement des habitats déjà perturbés.

Obstacles au mouvement

Les obstacles au mouvement prévus auront une conséquence sur l'environnement faible à moyenne pour les espèces craintives et les espèces à vaste aire de répartition. Pour ces dernières, les impacts peuvent avoir une portée régionale si leurs capacités de dispersion et d'accouplement sont affectées. Les impacts sont à long terme pour toutes les espèces affectées, puisque les effets dureront jusqu'à la réhabilitation des habitats. Les effets sont réversibles si les populations restantes peuvent compenser les pertes, et leur fréquence est élevée parce que les obstacles seront présents continuellement. Des mesures d'atténuation comprenant la construction dans des zones déjà perturbées et la réhabilitation réduiront l'intensité de ces impacts.

Tableau 4.2-8 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la fragmentation de l'habitat et aux obstacles au mouvement

Taxon	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Fragmentation							
habitats	négative	négligeable	locale	long terme	réversible	faible	négligeable
espèces de faune	négative	négligeable	locale	long terme	réversible	élevée	négligeable
Enjeu : Obstacles au mouvement							
espèces à vaste aire de répartition	négative	faible	régionale	long terme	réversible	élevée	moyenne
espèces craintives	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
autres espèces	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions relatives aux effets sur les mouvements de la faune est moyen, étant donné que le tracé du pipeline emprunte surtout des zones déjà perturbées.

Surveillance

Aucun inventaire spécifique n'est prévu pour suivre les mouvements fauniques.

Conclusions

Les impacts prévus sur les habitats primaires et les populations de faune dus à la fragmentation de l'habitat sont négligeables à faibles parce que la majeure partie

du tracé du pipeline a été implantée le long de perturbations existantes et le pipeline sera enfoui. La construction du pipeline créera des obstacles temporaires au mouvement de la faune (par ex. les routes et activités de construction) dans les zones environnementalement sensibles. La connectivité sera rétablie lorsque le pipeline aura été enfoui et le tracé proposé du pipeline réhabilité. Dans certains secteurs, les routes seront laissées en place dans le cadre de la planification régionale, si bien que des obstacles aux mouvements fauniques seront maintenus. Comme la majorité de ces routes seront établies dans des zones déjà perturbées et à forte densité de population, les effets se limiteront surtout aux espèces fréquentant les habitats perturbés (par ex. les zones de tavy et agricoles).

4.2.4.4 Question clé F-3 : Quel effet le projet aura-t-il sur la santé de la faune ?

Liens d'impacts potentiels

Les impacts potentiels du projet sur la santé de la faune ont été évalués qualitativement en examinant les deux points suivants :

- les changements de la qualité de l'air et sur la santé de la faune
- les changements de la qualité de l'eau et sur la santé de la faune.

Qualité de l'air

L'absorption de contaminants présents dans l'air par inhalation est généralement considérée comme mineure dans le cas de la faune, en comparaison à l'absorption via la chaîne alimentaire. Les amphibiens peuvent aussi être exposés aux contaminants atmosphériques par la peau. Les concentrations prévues de contaminants dans l'air sont négligeables à faibles et de nature temporaire pendant la construction via les émissions des véhicules (volume C, section 3.3). La qualité de l'air n'est pas considérée comme un enjeu.

Qualité de l'eau

Aucune contamination de cours d'eau n'est prévue en relation avec la construction et l'opération du pipeline de pulpe (volume C, section 3.9). Des mesures d'atténuation notamment pour la contamination accidentelle, sont décrites dans le plan de gestion environnementale, incluant un plan d'intervention en cas de déversement. La qualité de l'eau n'est pas considérée comme un enjeu.

4.3 POISSONS ET RESSOURCES AQUATIQUES

4.3.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale portant sur les effets du pipeline de pulpe sur les poissons et les ressources aquatiques. Plus spécifiquement, elle s'intéresse aux communautés de poissons, aux macroinvertébrés du milieu aquatique et à l'habitat, conformément aux Termes de référence pour le projet Ambatovy (le projet).

Cette section de l'étude d'impact environnemental (EIE) comporte en premier lieu un résumé des résultats de l'inventaire de référence et des enjeux qui en découlent, suivi en deuxième lieu de l'évaluation des impacts en tant que tel. Le volume J présente à l'annexe 3.1 (pièces jointes n° 1 et 2) les détails de l'étude de référence concernant le pipeline de pulpe et les ressources aquatiques.

4.3.2 Secteur d'étude

Le pipeline de pulpe s'étend sur une distance d'environ 195 km, du site de la mine à Ambatovy jusqu'à l'usine de traitement près de Toamasina. Le principal secteur d'étude pour la faune aquatique se trouve à l'intérieur du secteur d'étude du pipeline (volume A, figure 7.2-2) et comprend des cours d'eau des bassins hydrographiques des hautes terres et des basses terres orientales de Madagascar. Les cours d'eau traversés par le pipeline font partie des réseaux drainant le secteur des gisements, le marais de Torotorofotsy, et les limites de deux réserves naturelles, soit le Parc national de Mantadia et la Réserve spéciale de Mangerivola. La topographie vallonnée le long du tracé du pipeline et les fortes précipitations le long de la côte est de Madagascar expliquent le nombre élevé des éventuels franchissements des cours d'eau (le tracé actuel compte 99 franchissements, le nombre définitif dépendra des ajustements au tracé).

4.3.3 Résumé de l'étude de référence

4.3.3.1 Introduction

Le tracé choisi pour le pipeline est le plus direct possible et évite les habitats sensibles lorsque c'est réalisable. Il longe une voie ferrée abandonnée sur le périmètre nord du marais de Torotorofotsy, évitant le Parc national de Mantadia et les autres forêts matures lorsque cela est faisable.

4.3.3.2 Méthodologie

L'évaluation des sites en vue d'un échantillonnage sur le terrain a été effectuée à la suite d'une reconnaissance aérienne effectuée en août 2004 (volume J, annexe 3.1, pièce jointe 2). Des données normalisées sur les points de franchissement ont été recueillies durant les travaux de reconnaissance. Elles décrivent l'état actuel de l'habitat et les conditions morphométriques, sa sensibilité par rapport à une construction éventuelle, précisant également l'accessibilité des franchissements et leur position le long du tracé du pipeline. Un choix de sites représentatifs des types d'écoulement rencontrés aux points de franchissement a été fait en vue d'évaluations détaillées sur le terrain en se basant sur les conditions de l'habitat et sur un jugement professionnel quant à la vulnérabilité des écosystèmes face à la constructions tenant compte aussi de l'accessibilité des sites.

Les inventaires détaillés concernant le poisson, les invertébrés aquatiques et les macrophytes aquatiques, de même que l'évaluation générale des caractéristiques de l'habitat, ont été réalisés en 15 emplacements sur les rivières et ruisseaux du secteur local d'étude du pipeline. Les études sur le terrain se sont déroulées principalement pendant la saison sèche (période d'étiage) durant les mois de septembre et octobre 2004. Au total, 13 sites ont fait l'objet cette campagne. Deux emplacements additionnels, exclus de la campagne en saison sèche à cause de difficultés de logistique, ont été inventoriés à l'occasion d'une autre campagne en janvier 2005, pendant la saison des pluies (période de crue).

Habitat aquatique

L'établissement des caractéristiques qualitatives et quantitatives de l'habitat s'est fait en deux étapes. On a tout d'abord procédé à une caractérisation détaillée de l'habitat de chacun des sites en recueillant des données sur les cours d'eau, comme la largeur du lit, sa profondeur, le débit d'écoulement, le type de substrat dominant et de couvert du cours d'eau. La qualité de l'eau a également été évaluée à chacun des sites : le pH, les matières totales dissoutes (MTD), la température et l'oxygène dissous. Un modèle d'évaluation intermédiaire de l'intégrité des habitats (EIIH) a ensuite servi à décrire et quantifier les attributs des habitats (Kemper, 1999).

Poisson

On a prélevé des poissons à l'aide d'un ensemble de techniques afin de recueillir des échantillons de tous les types d'habitat abritant les espèces résidentes. La pêche à l'électricité, la senne et le filet maillant étaient les principales méthodes utilisées. À l'exception des spécimens de référence conservés pour identification ou vérification, tous les autres poissons ont été relâchés en vie après qu'on en ait

enregistré les données de base quant au cycle biologique (c.-à-d. la taille, le poids, etc.). Les gens du Département de Biologie de l'Université d'Antananarivo ont effectué une identification préliminaire au niveau de l'espèce. La confirmation des ces identifications se déroule en ce moment à l'American Museum of Natural History et au New York Aquarium. Il faut donc considérer comme provisoires, dans le texte qui suit, les évaluations fondées sur l'identité des espèces.

Macroinvertébrés

Les macroinvertébrés aquatiques ont été prélevés selon des méthodes quantitative (USEPA 1998) et qualitative (Dickens et Graham 2002) afin d'obtenir de l'information sur les communautés de tous les habitats. Les échantillons représentatifs ont été préservés dans de l'éthanol à 90% pour identification ultérieure. L'identification des macroinvertébrés s'est faite au niveau des familles ou des genres. Comme dans le cas des poissons, l'identification préliminaire a été réalisée par le personnel du Département de Biologie de l'Université d'Antananarivo et on attend en ce moment que des experts confirment ces identifications et établissent le nom des espèces.

Au cours de la saison sèche, on a prélevé des échantillons de périphyton (algue benthique); ces derniers ont été conservés pour analyse future.

Utilisation des ressources

L'information concernant la pêche artisanale pratiquée dans le secteur du projet a été rassemblée au cours des travaux de terrain lorsque l'occasion se présentait, par des observations ou par des conversations avec des habitants, sur les lieux mêmes de l'échantillonnage.

Revue de l'information et analyse des données

Plusieurs sources ont été consultées pour établir le présent rapport : la littérature, publiée ou non, sur l'ichtyofaune d'eau douce et les écosystèmes aquatiques de Madagascar et de la région du projet, les rapports sur l'état de la conservation des pêcheries artisanales, de même que des experts de la région. Des techniques d'analyse multivariables ont servi à traiter l'ensemble des données de terrain concernant la communauté de poissons et de macroinvertébrés.

4.3.3.3 Résultats

Milieu aquatique

Les caractéristiques des habitats observés dans le secteur d'étude du pipeline varient considérablement, ce qui reflète la grande diversité des types de cours d'eau et d'habitats qu'on retrouve sur le tracé du pipeline. Les cours d'eau ayant fait l'objet d'un échantillonnage sont des ruisseaux ou des rivières dont la taille s'échelonne de petite (c'est-à-dire d'une largeur de 1,95 m et d'un débit de 0,04 m^3/s) à grande (c'est-à-dire d'une largeur de plus de 180 m et présentant un débit supérieur à 50 m^3/s) (Hydrologie; volume C, section 3.6). Bien que le pH varie entre 6,2 et 7,8, la plupart des plans d'eau dans le secteur local d'étude ont un pH neutre (pH de 7) et une température allant de 17,5 °C dans les régions en amont (site R2+000) à 29,5 °C dans les cours d'eau d'ordre supérieur près de la côte. Les types de substrat les plus communs se composent de particules fines, de galet, de gravier et dans une moindre mesure de gravier, d'argile ou de roche-mère. Les couverts varient selon la taille des cours d'eau, mais comprennent généralement des couches de feuilles mortes, des débris ligneux (petits et grands) et une végétation en surplomb.

Le pipeline de pulpe traverse trois principales sous-secteurs d'occupation du sol: le secteur ouest, à l'intérieur du corridor forestier (zone du corridor), le secteur central qui passe entre des lambeaux de forêt primaire dégradée et est dominé par le tavy (zone de tavy) et la section orientale, qui présente une végétation secondaire et une plus grande densité d'utilisation agricole (zone agricole). L'occupation du sol influence directement les conditions de l'habitat et la sensibilité de l'écosystème des cours d'eau du sous-secteur face à la construction. En prenant pour base la classification de l'EIIH relative à la qualité et à la richesse des habitats aquatiques, on constate que 60 % des emplacements du secteur d'étude du pipeline présentent une perturbation importante (EIIH classes C à F; tableau 4.3-1). Les sites non perturbés qui ont été étudiés (EIIH classes A et B; tableau 4.3-1) sont principalement situés sur des cours d'eau avoisinant les réserves nationales (le Parc national de Mantadia et la Réserve Spéciale de Mangerivola) ou dans des lambeaux de forêt.

Tableau 4.3-1 Caractéristiques de l'habitat aux emplacements d'échantillonnage des cours d'eau du secteur local d'étude du pipeline de pulpe

Emplacement	Classe[a] EIIH	Sensibilité	Description de l'habitat
R2+000	A	élevée	Habitat non modifié. Déforestation minimale de la forêt primaire environnante.
R5+575	E	faible	Modifié de façon critique. Perte de fonction écologique et de biote au sein de l'écosystème.
R9+250	C	modérée	Moyennement modifié. Perte au sein de l'habitat naturel et du biote mais les fonctions écologiques de base de l'écosystème demeurent inchangées. Présence de poissons et de plantes exotiques et modification du lit causé par un pont de chemin de fer.
R16+100	D	faible	Considérablement modifié. Perte d'habitat, de fonction écologique et de biote au sein de l'écosystème. Les impacts majeurs sont la modification du lit par la sédimentation, la dégradation de la qualité de l'eau par les rejets en provenance du village et la présence d'espèces exotiques.
042+300	A	élevée	Habitat non modifié. Aucun indice d'impact anthropique.
051+800	B	élevée	Généralement non modifié. Perte légère au sein de l'habitat naturel et du biote mais les fonctions écologiques de base de l'écosystème demeurent inchangées.
060+600	A	élevée	Habitat non modifié. Impact anthropique limité, un peu de sédimentation observée.
107+200	A	élevée	Habitat non modifié. Impact anthropique limité, faible présence de flore et de faune exotique.
136+200	C	modérée	Moyennement modifié. Perte légère au sein de l'habitat naturel et du biote mais les fonctions écologiques de base de l'écosystème demeurent en grande partie inchangées.
145+700	D	faible	Considérablement modifié. Perte d'habitat, de fonction écologique et de biote au sein de l'écosystème. Les menace les plus significatives sont la modification du lit par la sédimentation, la dégradation de la qualité de l'eau due aux effluents du village et la présence d'espèces exotiques.
157+700	B	élevée	Généralement non modifié. Perte légère au sein de l'habitat naturel et du biote mais les fonctions écologiques de base de l'écosystème demeurent inchangées.
175+200	E	faible	Considérablement modifié. Perte de fonction écologique et de biote au sein de l'écosystème. Les impacts majeurs sont la modification du lit et du chenal de rivière et le remplacement de végétation indigène par des espèces exotiques.
178+900	E	faible	Considérablement modifié. Perte de fonction écologique et de biote au sein de l'écosystème. Les impacts majeurs sont la modification du lit et du chenal de rivière, la déforestation et la présence de faune et de flore exotiques.
E3 005+150[b]	C	modérée	Moyennement modifié. Perte d'habitat et de biote au sein de l'écosystème; la présence d'une flore et d'espèces de poissons exotiques constitue un impact majeur.
E3 011+950[b]	D	faible	Considérablement modifié. Perte d'habitat, de fonction écologique et de biote au sein de l'écosystème. Remplacement de la végétation indigène et présence de *C. maculata*.

[a] Selon le modèle EIIH (*IHIA*, Kemper, 1999).

[b] E3 identifie des points ayant été inventoriés le long d'un tracé alternatif pour le pipeline.

Poissons

Un grand total de 27 espèces de poissons appartenant à 16 familles ont été prélevés dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe (tableau 4.3-2). Parmi celles-ci huit espèces endémiques, onze espèces natives et huit espèces introduites. La grande richesse en espèces dans le secteur local d'étude du pipeline, comparativement au secteur d'étude de Toamasina, peut être attribuée à la grande diversité des types d'habitats et des cours d'eau que croise le tracé du pipeline. Toutefois, exception faite de quelques cas isolés, la richesse en espèces des emplacements pris individuellement est en général faible. La présence de plus de 5 espèces n'a été observée que sur 5 des 15 sites. Les emplacements les plus riches en espèces sont 107+200 avec 12 espèces, et 145+700, qui compte 10 espèces. L'espèce introduite *Xiphophorus maculatus* est la plus répandue et on la retrouve à 8 des 15 points d'échantillonnage. Généralement, les espèces endémiques de poissons dominent dans les habitats non perturbés (EIIH classes A et B; tableau 4.3-1) alors que les espèces introduites comme *Anabantidae, Ctenopoma ansorgii*, et *Poecelidae, Xiphophorus maculatus,* sont courantes dans les habitats perturbés (EIIH classes D à F, tableau 4.3-1).

Tout comme dans les autres secteur local d'étude faisant partie de l'étude du milieu aquatique, la majorité des poissons observés dans le secteur d'étude du pipeline appartiennent à des espèces de petite taille qui ne sont pas fortement exploitées par la pêche artisanale. On a prélevé peu d'espèces de grande taille dans le secteur d'étude (par exemple *Oreochromis macrochir, Tilapia zilli, Ophicephalus striatus, Terapon jarba, Osphronemus goramy* et *Caecula pterygera*) et l'abondance de chacune de ces espèces recherchées par les pêcheurs est également faible, à l'exception de *O. macrochir* et *T. zilli* dont la densité de population est moyenne à l'un des points d'échantillonnage (le site 107+200).

Durant l'étude, on a observé des activités de pêche artisanale aux endroits suivants:

- Fleuve Ivondro (178+900) : pêche au filet maillant (monofilament) pour le *Tilapia zilli*; pêche à la nasse de roseau pour la crevette *aytid* et le *Bedotia madagascariensis*.
- Rivière Morongolo (145+700) : pêche au filet maillant et au harpon pour le *Tilapia sp*. et le *Paretroplus poliactis*.
- Rivière Sahanavo (136+200) : pêche au filet maillant (monofilament) et à l'hameçon appâté, capture de *Tilapia zilli* et de *Channa maculata*.
- Rivière Rianila (107+200) : pêche en plongée au fusil-harpon conventionnel pour le *Tilapia zilli.*

Tableau 4.3-2 Espèces de poissons relevées dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe au cours de l'inventaire de 2004-2005

Famille	Espèce	Origine	Statut de conservation[(a)]	Statut UICN[(b)]
Ambassidae	*Ambassis fontoynonti*	E		DD
Anabantidae	*Ctenopoma ansorgii*	I		
Anguillidae	*Anguilla bicolor*	N	S	nl
Anguillidae	*Anguilla marmorata*	N	S	nl
Anguillidae	*Anguilla mossambica*	N	S	nl
Bedotiidae	*Bedotia madagascariensis*	E	T	NT
Bedotiidae	*Rheoclès alaotrensis*	E	T	Vu
Cichlidae	*Oreochromis macrochir*	I		
Cichlidae	*Oreochromis niloticus*	I		
Cichlidae	*Paretroplus polyactis*	E	S	Vu
Cichlidae	*Tilapia zilii*	I		
Clupeidae	*Sauvagella madagascariensis*	E		nl
Eleotridae	*Ophiocara macrolepidota*	E	NC	nl
Eleotridae	*Ratsirakia legendrei*	E	T	DD
Gobiidae	*Chonophorus aeneofuscus*	N	S	nl
Gobiidae	*Glossogobius giuris*	N	S	nl
Gobiidae	*Stenogobius polyzona*	N		nl
Kuhliidae	*Kuhlia sauvagii*	E	nl	nl
Kuhliidae	*Kuhlia splendens*	N	nl	nl
Mugilidae	*Mugil cephalus*	N	NC	nl
Channidae	*Channa maculate*[(c)]	I		
Ophichthidae	*Caecula pterygera*	N		nl
Osphronemidae	*Osphronemus goramy*	I		
Poecelidae	*Gambusia holbrooki*	I		
Poecelidae	*Xiphophorus maculatus*	I		
Syngnathidae	*Microphis leiaspis*	N	NC	nl
Terapontidae	*Terapon jarbua*	N		nl

Notes : E = endémique, I = introduite, N = natif, S = en sécurité, T = menacée (*threatened*), NC = non connue.
UICN : nl = non listée, DD = données insuffisantes (*data deficient*), NT = quasi menacée (*near threatened*), Vu = vulnérable.

(a) Sparks et Stiassny (2003).

(b) Liste rouge de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) (2004).

(c) Identifié à tort comme *Ophicephalus striatus*.

Macroinvertébrés aquatiques

Au total, 66 taxons de macroinvertébrés ont été relevés dans le secteur local d'étude du pipeline (voir le tableau 4.3-3). La diversité et l'abondance de la faune d'invertébrés aquatiques y sont généralement élevées, avec tendance à la hausse aux emplacements situés en forêt primaire non perturbée, comparativement aux sites ayant subi une déforestation. La plus grande richesse en espèces d'invertébrés aquatiques, soit de 22 à 23 espèces, à été observée aux points 042+300, 051+600, et 060+600, tous situés dans la forêt primaire non perturbée (classification EIIH supérieure à B; voir tableau 4.3-1) associée au bassin versant adjacent à la limite est du Parc national de Mantadia.

Tableau 4.3-3 Taxons de macroinvertébrés relevés dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe au cours de l'inventaire de 2004-2005

Ordre	Famille	Ordre	Famille
COLEOPTERA	Carabidae	HEMIPTERA	Aphelocheiridae
	Dysticidae		Belastomatidae
	Elmidae		Corixidae
	Gyrinidae		Gerridae
	Helophoridae		Helodidae
	Hydrophilidae		Hydrometridae
	Scarabaeidae		Mesoveliidae
DECAPODA	Atyidae		Naucoridae
	Palaemonidae		Nepidae
	Potamonautidae		Notonectidae
DIPTERA	Athericidae		Pleidae
	Chironomidae		Reduvidae
	Dixidae		Veliidae
	Empididae	LEPIDOPTERA	Pyralidae
	Simuliidae	MEGALOPTERA	Sialidae
	Tipulidae	ODONATA	Aeshnidae
EPHEMEROPTERA	Baetidae		Coenagrionidae
	Caenidae		Cordulegasteridae
	Ephemeridae		Corduliidae
	Heptagenidae		Gomphidae
	Leptophlebidae		Lestidae
	Oligoneuridae		Libellulidae
	Polymitarcidae	OLIGOCHAETA	Enchytraeidae
	Prosopistomatidae	PLECOPTERA	Notonemouridae
	Teloganodidae	TRICHOPTERA	Beraeidae
	Tricorythidae		Ecnomidae
GASTEROPODA [(a)]	Bithyniidae		Glossosomatidae
	Bythinellidae		Hydropsychidae
	Hydrobiidae		Lepidostomatidae
	Lymnaeidae		Leptoceridae
	Planorbidae		Polycentropodidae
	Thiaridae		Psychomyiidae
			Sericostomatidae
		MERMITHOIDAE	Mermithidae

[(a)] Gasteropoda est une classe.

Espèces endémiques et natives

Poissons

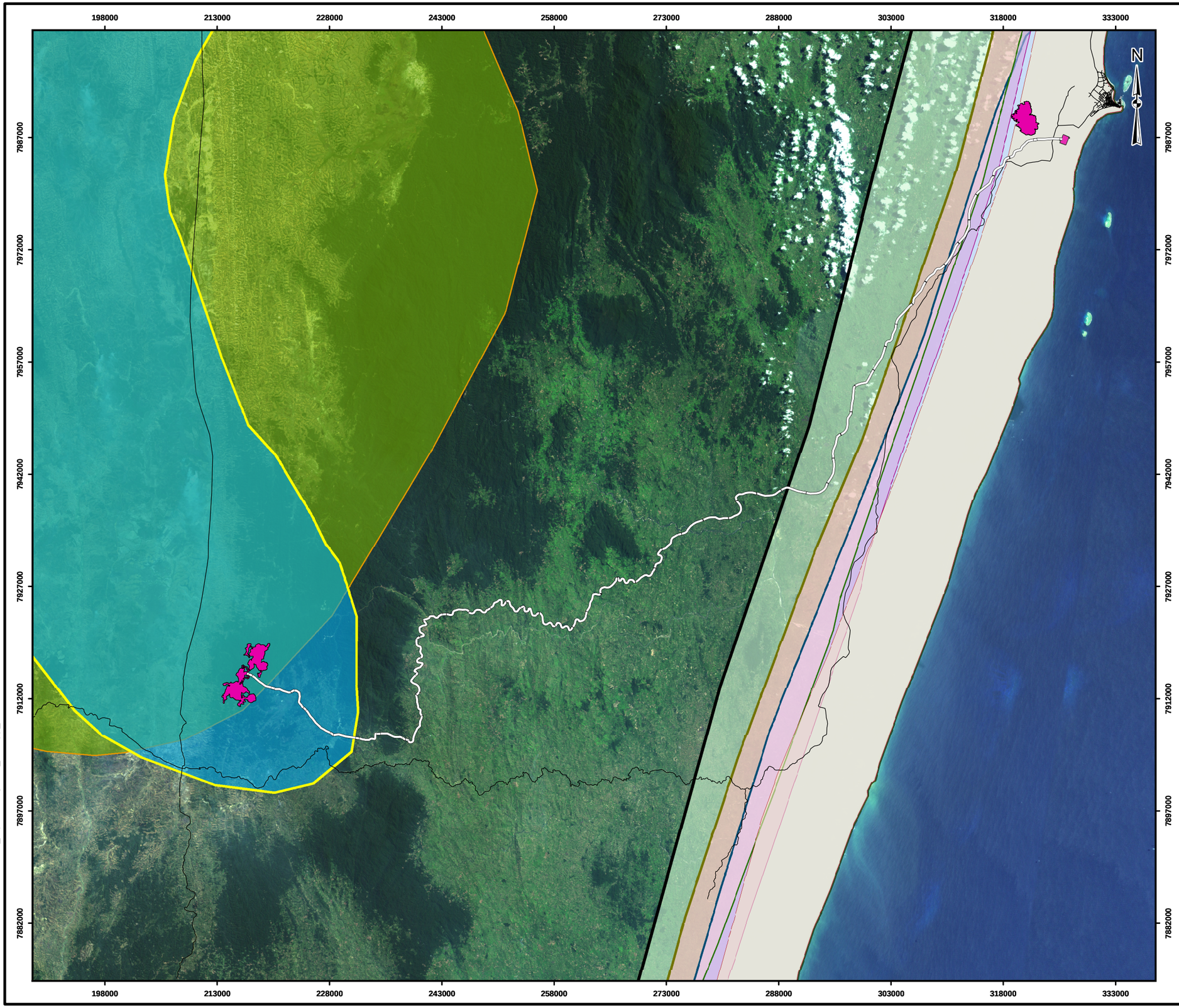
L'ichtyofaune du secteur local d'étude comporte huit poissons endémiques, soit deux bédotiidés, *B. madagascariensis* et *R. alaotrensis*; deux éléotridés, *Ophiocara macrolepidota* et *R. legendrei*; ainsi qu'un *Ambassidae*, *Ambassys fontoynonti*; un *Kuhliidae*, *Kuhlia sauvagii*; un *Cichlidae*, *Paretroplus polyactis*; et un *Clupeidae*, *Savagenella madagascariensis*. Cinq de ces huit espèces figurent actuellement sur la liste rouge de l'UICN (2004).

Parmi les espèces endémiques, l'éléotridé, *Ratsirakia legendrei*, (classé « vulnérable » par l'UICN) est la plus répandue, se retrouvant à cinq points d'échantillonnage sur 15. Non seulement *R. legendrei* est-elle la plus commune des espèces endémiques, elle est aussi celle qui présente les plus hautes densités de population sur l'ensemble des 27 espèces. De façon générale elle est très abondante aux endroits de forêt primaire non perturbée et peu abondante dans les milieux déboisés ou modifiés. *R. legendrei* est observée aussi loin à l'est qu'à l'emplacement de la rivière Sahanandrazana (point d'échantillonnage 060+600; volume J, annexe 3.1, pièce jointe n° 2, tableau 6), ce qui étend légèrement son aire de distribution dans les hautes terres orientales par rapport à celle établie par CAMP 2001 (voir la figure 4.3-1).

Parmi les autres espèces endémiques affichant une distribution moyenne, il y a les bédotidés, *R. alaotrensis* (quatre emplacements) vivant souvent de façon sympatrique avec *R. legendrei*, *B.madagascariensis* (quatre emplacements) et le *Cichlidae Paretroplus polyactis* (trois emplacements).

Bedotia affiche au sein du genre une fréquence élevée d'endémisme associé à un bassin unique. *B. madagascariensis* est classé « quasi menacé » dans la liste rouge de l'UICN (2004). *Bedotia* se retrouve presque exclusivement dans des habitats offrant des eaux claires exemptes de silt (limon) (Loiselle et Stiassny 2003), mais il est également présent dans les habitats relativement modifiés du secteur local d'étude du pipeline, près des basses terres et de la partie nord du secteur d'étude du pipeline.

Tout comme le genre *Bedotia*, *Rheoclès alaotrensis* affiche un haut niveau d'endémisme associé à un bassin unique et préfère les eaux claires, exemptes de silt et bien oxygénées. Il est rapporté que cette espèce souffre d'une fragmentation de sa distribution (Loiselle et Stiassny 2003) et est classée « vulnérable » dans la liste rouge de l'UICN (2004). Son aire de distribution dans le secteur d'étude s'étend également à l'est jusqu'à la rivière Sahanandrazana, aire qu'elle partage avec *Ratsirakia legendrei*.



LÉGENDE

- PIPELINE DE PULPE
- ROUTE
- SITES DE LA MINE, DE L'USINE ET DU PARC À RÉSIDUS

ESPÈCES DE POISSONS ENDÉMIQUES

- *Ambassis fontoynonti*
- *Bedotia madagascariensis*
- *Hypsleotris tohizanae*
- *Ophiocara macrolepidota*
- *Paretroplus polyactis*
- *Ratsirakia legendrei*
- *Rheoclès alaotrensis*
- *Sauvagella madagascariensis*

RÉFÉRENCE

Image mosaïque Landsat 7; prise en avril/sept. 2001.
Atelier CAMP "Faune de Madagascar" 2001..
Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

15 0 15
ÉCHELLE 1:500 000 KILOMÈTRES

PROJET

PROJET AMBATOVY

TITRE

DISTRIBUTION DES POISSONS ENDÉMIQUES DANS LE SECTEUR RÉGIONAL D'ÉTUDE

Golder Associates
Calgary, Alberta

PROJET No. 03-1322-172.5300			ÉCHELLE TELLE QUE MONTRÉE	REV. 0
DESSINÉ	CM	09 août 2005	
SIG	TN	15 août 2005	
VERIF.	GJ	21 fév. 2006	
REV.	DM	21 fév. 2006	

FIGURE: 4.3-1

I:/2003/03-1322/03-1322-172/mxd/Fish_Aquatics/Fig4.3-1_Fishspp_French.mxd

Sauvagenella madagascariensis a été recueillie en grande quantité sur un seul point d'échantillonage (107+200). Cette espèce endémique ne se retrouve que dans les bassins versants de la côte est, principalement dans les rivières et ruisseaux coulant en zones boisées, mais on l'observe à l'occasion dans les eaux saumâtres (Stiassny 2003). Cette espèce n'est pas listée et sa population semble stable.

Le *Paretroplus polyactis* a été récolté à trois emplacements sur des rivières, mais en petite quantité. Il est classé « vulnérable » dans la liste rouge de l'UICN (2004). On le retrouve plus communément dans les lacs et lagons côtiers, incluant les eaux saumâtres de la voie navigable du Pangalanes. *Ambassis fontoynonti*, classé DI (données insuffisantes) dans la liste rouge de l'UICN, se retrouve en petit nombre à seulement deux emplacements. Les deux autres espèces endémiques, *O. macrolepidota* et *K. sauvagii*, étaient présentes aussi en faible nombre à quelques emplacements mais on sait peu de chose quant à leurs aires de distribution et leurs populations. Elles ne sont pas sur la liste de l'UICN.

Invertébrés aquatiques

Il existe plusieurs taxons endémiques de macroinvertébrés aquatiques dans les rivières et ruisseaux à l'intérieur du secteur local d'étude du pipeline. Cependant, l'état actuel des travaux d'identification en limite la description. Les principaux groupes répertoriés sont:

- *Atyidae* (crevettes d'eau douce). Elles présentent un fort taux d'endémisme (77 %), 26 espèces de quatre genres différents existant sur l'île (Raharivololoniaina 2004). Dans l'inventaire réalisé durant la saison des pluies dans le secteur local d'étude du pipeline, elles constituaient les taxons du groupe II les plus abondants (selon l'analyse de similarité).
- *Odonata* (libellules). Représentées par sept familles. Madagascar est réputée pour la richesse de sa faune d'*Odonata*, qu'on retrouve communément dans le secteur local d'étude du pipeline. Le nombre de genres et d'espèces endémiques d' *Odonata* à Madagascar est remarquable. De 52 genres, 12 sont endémiques; de 181 espèces ou sous-espèces répertoriées, 132 sont endémiques et l'essentiel des espèces endémiques se concentre dans les régions boisées de la côte est de l'île (Donnelly et Parr, 2003).

Habitats importants

Le marais de Torotorofotsy constitue un écosystème unique. Ses fonctions écologiques et sa biodiversité en font un des écosystèmes les plus précieux du secteur d'étude. Il est depuis peu un site Ramsar. Son écologie et sa biologie sont sensibles aux variations de niveau et de qualité de l'eau. Les prélèvements le long

du tracé du pipeline ont montré la présence dans le marais de populations de poissons endémiques (*Rheoclès alaotrensis* et *Ratsirakia legendrei*) importantes à l'échelle régionale. Bien qu'il offre un habitat unique, le marais de Torotorofotsy ne se trouve toutefois pas à l'état naturel; de considérables perturbations de l'habitat sont visibles aux abords du marais. De plus, le tracé du pipeline emprunte une voie ferrée abandonnée dans le secteur nord, ce qui réduit son impact possible sur le marais.

4.3.4 Portée des enjeux

4.3.4.1 Enjeux et questions clés

Des consultations ont mis en évidence une préoccupation générale relativement à la possibilité que la construction du pipeline amène une dégradation de la qualité de l'eau nécessaire aux populations humaines et aux fonctions écologiques. On a aussi insisté sur la préservation des ressources aquatiques du marais de Torotorofotsy (volume A, section 6). Les principaux enjeux concernant l'impact du pipeline sur les ressources aquatiques d'eau douce sont:

- L'effet de la construction et de l'opération des structures de franchissement des cours d'eau sur la disponibilité, l'abondance, la qualité et la quantité des habitats aquatiques.
- L'effet de la construction et de l'opération des routes d'accès et des infrastructures sur la disponibilité, l'abondance, la qualité et la quantité des habitats aquatiques.
- L'effet de la construction et de l'opération du pipeline et de ses infrastructures sur l'abondance et la distribution des poissons.
- L'effet de la construction et de l'opération du pipeline et de ses infrastructures sur la santé des poissons et la pêche artisanale.

Ces enjeux et impacts ont été pris en compte par les questions clés suivantes:

Question clé FA-1	**Quel effet le projet aura-t-il sur l'habitat aquatique?**
Question clé FA-2	**Quel effet le projet aura-t-il sur l'abondance et la survie des poissons ?**
Question clé FA-3	**Quel effet le projet aura-t-il sur la pêche artisanale?**

Des impacts sur le poisson et les ressources aquatiques peuvent se produire durant la construction, l'opération et la mise hors service du pipeline, comme illustré dans le diagramme de liens (volume H, annexe 9).

4.3.4.2 Critères d'évaluation

Le biote aquatique d'importance pour le projet proposé comprend le poisson et les invertébrés faisant partie de l'écosystème aquatique du secteur d'étude du pipeline de pulpe. Par conséquent, les habitats aquatiques dont ces organismes dépendent pour l'ensemble de leur cycle de vie constituent également des éléments essentiels de l'écosystème aquatique.

Il a été décidé aux fins de la présente étude, que ce soit pour l'évaluation des impacts ou l'élaboration de mesures d'atténuation, de porter une attention particulière à certaines espèces clés, à des groupes d'espèces jugés importants et aux types d'habitats plus sensibles dans le secteur d'étude du pipeline:

- les espèces de poissons endémiques
- l'habitat aquatique des ruisseaux et rivières (riverain et milieu aquatique)
- les communautés de poissons natives ou résidentes faisant l'objet d'une pêche artisanale.

Le tableau 4.3-4 dresse le sommaire des paramètres mesurables qui ont servi à l'étude des poissons et des ressources aquatiques. Comme l'information obtenue des études de référence, de la littérature ou des spécialistes de la région ne permettait pas toujours une évaluation quantitative, la présente étude comporte également des évaluations qualitatives basées sur le jugement professionnel.

Tableau 4.3-4 Eléments de l'écosystème, paramètres et critères d'évaluation ayant servi à l'étude des poissons et des ressources aquatiques

Question clé	Eléments de l'écosystème	Paramètre mesurable	Critères d'évaluation
Effets sur la qualité, la quantité et la disponibilité de l'habitat aquatique	Rivières et ruisseaux, poissons endémiques, macroinvertébrés benthiques	- ordre du cours d'eau - type et qualité de l'habitat - débit d'écoulement - qualité de l'eau (MES)	- perte nette de l'habitat des poissons - EIIH (Kleynhans 1996) - directives en matière de qualité de l'eau et de matières solides en suspension
Effets sur l'abondance du biote aquatique et des poissons	Poissons endémiques et natifs, invertébrés benthiques	- diversité et structure de la communauté des poissons et des invertébrés - résultats des études sur les caractéristiques physiques de l'habitat et la qualité du milieu aquatique - opération du pipeline - éventuelles pressions exercées par la pêche/collecte	- évaluation subjective de la durabilité de la ressource; jugement professionnel - statut de conservation (UICN 2004 et listes publiées) - recommandations pour la qualité de l'eau en vue de la protection de la vie aquatique (CCME 1999) - considérations relatives à la conception des franchissements de cours d'eau
Effets sur la santé des poissons	Poissons endémiques et natifs, invertébrés benthiques Pêche artisanale des poissons et invertébrés	- qualité de l'eau de surface et prévisions (MES) - prévisions quant à l'abondance des poissons	- valeurs recommandées dans la littérature - évaluation subjective et jugement professionnel

Note: MES = Matières en suspension.

4.3.5 Question clé FA-1 : Quel effet le projet aura-t-il sur l'habitat aquatique?

4.3.5.1 Liens d'impact

Que ce soit durant la construction, l'opération ou la fermeture du pipeline, les activités qui s'y déroulent peuvent avoir un effet sur l'habitat aquatique. Celui-ci risque également de se voir perturbé par les services et les installations connexes, comme les franchissements de cours d'eau construits pour les voies d'accès, les bases vie de chantier et les aires de déchargement. Il est possible que surviennent des changements dans la disponibilité, la qualité ou la quantité de poisson et d'habitats aquatiques pour les raisons suivantes:

- modification des rives aux franchissements
- perturbation de l'habitat aquatique des cours d'eau
- modifications dans la qualité de l'eau.

Perturbation de la végétation riveraine

L'enlèvement de la végétation riveraine, de la canopée forestière et la modification des rives par les activités reliées au pipeline et aux routes d'accès, qu'il s'agisse de nivellement ou d'autres opérations, conduit à une perte indirecte d'habitat aquatique, en particulier par la modification des pentes et du réseau de drainage, qui augmente les risques d'érosion. Il en va de même pour les perturbations provoquées par le défrichement et le nivellement des sites servant aux bases vie et aux aires de déchargement. Les apports solides qui en résultent augmentent les niveaux de matières en suspension (MES) et le transport de ces matières solides en suspension vers l'aval peut occasionner une dégradation de l'habitat des poissons.

Modification des cours d'eau

Les travaux se déroulant dans les cours d'eau, comme le creusement de tranchées, la pose du pipeline et le remblaiement subséquent, produisent un afflux de matières solides en suspension (MES) et une modification de la morphologie du chenal de rivière, ce qui perturbe l'habitat des poissons. Les activités associées, comme les testes hydrostatiques du pipeline, peuvent produire des modifications du même ordre. La construction de ponceaux, de ponts et les passages à gué pour les routes d'accès, de même que le remblai déposé en milieu aquatique, peuvent être à l'origine de perturbations ou de pertes d'habitat aquatique au sein des cours d'eau ou modifier leurs caractéristiques hydrauliques.

Changements dans la qualité de l'eau

La qualité des eaux de surface sera modifiée par l'accroissement de la charge en matières solides en suspension, conséquence directe des changements apportés aux rives et aux cours d'eau aux points de franchissement du pipeline et des routes d'accès. Des accidents ou des déversements durant la construction ou la phase d'opération du pipeline menacent également la qualité de l'eau et du coup la disponibilité et la qualité du milieu aquatique. L'emplacement des bases vie de chantier, la prise d'eau dans les cours d'eau locaux et les rejets d'eaux usées ont également un impact sur la qualité de l'eau et, éventuellement, sur celle de l'habitat aquatique.

4.3.5.2 Méthodes d'évaluation

Perturbation des rives

Le choix des emplacements possibles pour les franchissements du pipeline et des routes de service s'est fait à partir d'images Landsat, des données provenant de reconnaissance aérienne, de données cartographiques et des plans d'exécution du projet. Une évaluation de l'intégrité de l'habitat, qui comprenait à la fois des

critères relatifs à la zone riveraine et au milieu aquatique, a servi à la classification des conditions existantes et de la vulnérabilité aux perturbations (volume J, annexe 3.1, pièces jointes 1 et 2).

Modification des cours d'eau

Les types d'habitat et leur intégrité, les espèces de poissons et les espèces d'invertébrés associées, tels qu'ils sont décrits dans l'étude de référence, ont été identifiés pour examiner ensuite les impacts en extrapolant à partir des données obtenues sur le terrain. La perturbation et la modification de l'habitat aquatique le long du tracé du pipeline et des routes d'accès ont été évaluées à partir de données cartographiques, de la liste des franchissements de cours d'eau et de l'évaluation de l'intégrité de l'habitat. Un estimé qualitatif a été réalisé pour les zones littorales et les rives.

Changements dans la qualité de l'eau

Les changements prévus en ce qui a trait à la qualité de l'eau ont été étudiés (volume C, section 3.7) pour les cours d'eau susceptibles d'être franchis par le pipeline et les routes d'accès. Les impacts sur les habitats aquatiques, les communautés de poissons et les espèces d'invertébrés aquatiques relevés dans le cadre de l'étude de référence ont fait l'objet d'un examen qualitatif.

4.3.5.3 Critères d'évaluation

Le tableau 4.3-5 présente les critères de description utilisés pour qualifier les impacts sur les poissons et les ressources aquatiques, et ce pour toutes les questions clés.

Tableau 4.3-5 Critères de description des impacts sur les poissons et les ressources aquatiques

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
impact **positif, négatif** ou **neutre** pour les résultats aux points finaux de mesure	**négligeable** : pas d'effet mesurable sur le résultat au point final de mesure **faible** : variation < 10 % sur le résultat **modérée** : variation de 10 à 20 % sur le résultat **forte** : variation > 20 % dans le résultat	**locale** : effet restreint au secteur local d'étude. **régionale** : l'effet s'étend en dehors du secteur local d'étude pour se faire ressentir dans le secteur régional d'étude **supra-régionale** : l'effet s'étend en dehors du secteur régional d'étude	**court terme** : < 3 ans **moyen terme** : de 3 à 30 ans **long terme** : > 30 ans	**réversible** ou **irréversible**	**faible** : se produit une fois **moyenne** : se produit par intermittence **élevée** : se produit continuelle-ment

4.3.5.4 Mesures d'atténuation

Diverses mesures d'atténuation visent à limiter l'impact des pertes d'habitat, ou de leur dégradation, résultats du défrichage des rives, de la construction de structures dans le chenal de rivière ou des changements dans la qualité de l'eau. Parmi ces mesures on retrouve :

Eléments de conception

- Des modifications au tracé des routes ont été apportées afin d'éviter des aires protégées, des parcs et des habitats aquatiques primaires (c'est-à-dire ceux situés dans les forêts primaires). D'autres modifications seront apportées aux points de franchissement, lorsque possible, afin d'éviter localement des habitats sensibles.
- Adapter la technique d'installation du pipeline au type de cours d'eau franchi, en tenant compte des conditions de l'habitat et des particularités essentielles du cycle de vie aquatique, afin d'éviter de les perturber.
- Choisir des emplacements éloignés des cours d'eau pour les bases vie de chantier, l'élimination des eaux usées, les espaces de déchargement, les décharges de terre et les aires d'entreposage du carburant. Réduire au minimum l'emprise de ces sites.

Construction et opération

- Appliquer des plans de gestion environnementale qui prévoient des mesures de protection (franchissements de cours d'eau) afin de limiter autant que possible la perturbation de l'environnement. Voici quelques-unes de ces mesures:

- Utiliser des techniques sans tranchée ou d'isolation du pipeline pour les franchissements des habitats primaires, sensibles ou cruciaux pour des espèces endémiques. Ces techniques permettent de limiter les travaux devant s'effectuer en chenal de rivière et les perturbations de l'habitat aquatique et des rives. Elles permettent également de conserver les niveaux de MES à l'intérieur de valeurs données, protégeant ainsi l'habitat et le biote.
- Limiter la largeur et le dégagement de l'emprise aux points de franchissements. Respecter une distance minimale au cours d'eau pour l'installation des équipements. Maintenir une zone tampon de végétation (pas de défrichement complet) et éclaircir la végétation à la main de façon sélective pour réduire les risques d'érosion, la sédimentation et les autres impacts sur la qualité de l'eau.
- Aménager des pièges, ou trappes, à sédiments sur les petits ruisseaux et des bassins de retention de sédiments sur les plus grands afin de réduire les niveaux de MES et de s'assurer que la qualité de l'eau respecte les valeurs recommandées pour la protection de la vie aquatique.
- Observer les niveaux de MES durant les étapes de construction et arrêter les travaux en cas de dépassement des valeurs limites.
- Pour les tests hydrostatiques, choisir les emplacements d'où l'eau est prise, ainsi que les quantités utilisées et rejetées, en tenant compte de la protection des poissons et de l'habitat aquatique.
- Avant la construction, réaliser des relevés de terrain aux emplacements des franchissements sur le tracé du pipeline. Ces travaux auront pour objectif de relever la présence d'espèces aquatiques sensibles ou endémiques, d'identifier des habitats ou des phases critiques du cycle de vie. Il sera ainsi possible de classifier le biote et les caractérisitiques importantes de l'habitat afin de définir l'ampleur de la protection requise et le moment où l'appliquer. Cela peut inclure le sauvetage des poissons.
- Mettre en place des méthodes de sauvetage des poissons ou des mesures permettant d'éviter de les perturber. Ces méthodes doivent être utilisées lorsque l'établissement d'une structure de franchissement risque de causer un impact majeur sur l'habitat ou une mortalité importante parmi des communautés de poissons endémiques, rares ou importantes localement (pêche artisanale).

- Établir un plan d'intervention en cas d'urgence environnementale en milieu aquatique ainsi qu'un plan de décontamination en cas de déversement accidentel durant la construction ou de bris du pipeline en cours d'opération.

Réhabilitation

Réhabiliter le milieu physique et la végétation autour des franchissements afin de protéger les ressources aquatiques de l'élévation des niveaux de MES causée par le pipeline et les routes d'accès. Cela implique:

- Le rétablissement immédiat de la végétation de tous les habitats riverains perturbés aux franchissements du pipeline ou des routes d'accès.
- La gestion des eaux de surface aux endroits concernés et la mise en place d'un programme de gestion de l'érosion des pentes et des approches des franchissements.
- La protection des rives et du chenal de rivière contre l'érosion provoquée par les crues.

4.3.5.5 Résultats

Perturbation des rives et des chenaux de rivière

Les ruisseaux et rivières à proximité du pipeline seront directement perturbés par les activités de construction et d'opération du pipeline se déroulant sur les rives et dans les chenaux. L'étendue de la perturbation et des pertes résultant de ces activités ne peut être estimée précisément étant donné que les emplacements exacts de la majorité des franchissements ne sont pas présentement connus. Toutefois, le tableau 4.3-6 donne un estimé de la perturbation totale basé sur le nombre prévu de franchissements, la largeur du milieu aquatique (moyenne des données recueillies en 11 endroits) et le degré de nivellement requis pour l'emprise du pipeline aux points de franchissement.

Tableau 4.3-6 Estimé de la perturbation totale des habitats aquatiques dans le secteur local d'étude du pipeline

Nombre de cours d'eau	Estimé de la perturbation des chenaux (m)[(a)]	Estimé de la perturbation riveraine dans la zone de l'emprise (m)[(b)]
99	3 435	5 940 – 15 246

(a) Basé sur une largeur moyenne de chenal de rivière de 34,7 m, établie à partir de mesures effectuées en 11 endroits.

(b) Basé sur une zone de défrichement/nivelage de 30 à 77 m de large, sur les deux rives.

L'analyse de la composition en espèces des communautés de poissons présentes aux points d'échantillonnage confirme la corrélation entre la prépondérance des espèces indigènes (endémiques et natives) et les habitats forestiers naturels ou peu modifiés (qui représentent 40 % des points d'échantillonnage). La perte

d'habitat ou sa dégradation mettront en péril l'existence de ces populations. En supposant une installation à ciel ouvert du pipeline, les effets consisteront pour l'essentiel en une perturbation à court terme des habitats aquatiques et riverains, limitée à la période de construction. Ces effets sont considérés négligeables si on applique des mesures de réduction de l'érosion et de contrôle du débit solide. Il pourrait cependant se produire des perturbations à long terme étant donné l'ampleur des travaux de nivellement nécessaires afin d'obtenir la pente maximale de 15 % requise pour le pipeline, et considérant les effets combinés de l'usage des routes à l'échelle locale.

En plus de l'emprise du pipeline de pulpe, il faut prévoir des routes d'accès pour le transport du personnel et de l'équipement. La plupart de ces routes auront besoin de travaux d'amélioration et de reconstruction importants. Les routes d'accès suivront parfois le cours des rivières et traverseront leurs vallées. Il faudra établir de nouveaux ponts ainsi qu'un nombre indéterminé de ponceaux et de passages à gué pour les plus petits cours d'eau. Comme plusieurs de ces cours d'eau se situent dans des habitats perturbés, l'effet de ces constructions est jugé faible puisque le biote y est moins sensible à la perturbation. Les conséquences de la construction des routes seront en général faibles et à court terme; toutefois un impact permanent est possible aux franchissements et dépend du type de passage (ponceau, pont, gué) et du succès des moyens de réduction de l'érosion et des mesures de réhabilitation.

Changements dans la qualité de l'eau

Le défrichement et le nivellement de l'emprise du pipeline et des routes de service, les travaux effectués dans les cours d'eau, les activités et installations connexes (bases vie, tests hydrostatiques) vont modifier la qualité et la quantité des eaux coulant dans les rivières et ruisseaux traversés par le pipeline. L'habitat aquatique sera directement modifié aux sites d'excavation et en aval par l'entraînement des matières solides en suspension produites durant la construction ou découlant de l'érosion de la surface des sols perturbés aux abords des cours d'eau. Ces changements risquent d'avoir des impacts sur la présence, l'abondance et la distribution du biote aquatique en aval du site.

L'augmentation de la turbidité et du débit solide (MES) durant la construction constitue la principale atteinte à la qualité de l'eau pouvant modifier l'écosystème aquatique aux alentours du pipeline et des routes d'accès ou de service. L'application des meilleures pratiques de gestion durant la construction réduira au minimum les effets potentiels et les impacts seront faibles.

4.3.5.6 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Le tableau 4.3-7 résume les impacts résiduels résultant de la perte d'habitat aquatique à la suite de la construction, de l'opération et de la fermeture du pipeline de pulpe. Cette évaluation des impacts est basée sur la supposition de base que les observations réalisées aux points d'échantillonnage sont représentatives des autres cours d'eau sur le tracé du pipeline et que les plans de réduction des impacts ont éliminé ou réduit avec succès les conséquences pour l'environnement aquatique.

Tableau 4.3-7 Effets potentiels et impacts résiduels sur l'habitat aquatique

Phase du projet	Effets potentiels	Mesures d'atténuation	Impacts résiduels
Construction	Déplacement et perturbation d'habitats aquatiques critiques; sur les rives et dans le chenal de rivière. Effets sur la qualité de l'eau (MES) en aval et perte d'habitat.	Utilisation de franchissements aériens, de méthodes d'installation sans tranchée et de techniques de dérivation des eaux pour les habitats essentiels ou abritant des espèces endémiques. Gestion des eaux par l'aménagement de pièges à sédiments et de bassins de rétention de sédiments. Réduction de la largeur de l'empreinte et du nivellement. Lutte contre l'érosion.	Intensité faible. Perturbation physique à court terme durant la construction du pipeline. Intensité forte. Modification à court terme de la qualité de l'eau (MES) durant la construction du pipeline, de son emprise et des routes. Intensité faible. Perturbation physique à court terme durant la construction des routes et des infrastructures. Intensité faible. Pertes à long terme dues à l'emprise et aux ponts, ponceaux, etc.
Opération	Défrichement, élimination et perturbation d'importants éléments aquatiques associés aux bassins versants des secteurs des gisements de minerai Altération potentielle des habitats du biote aquatique dans les cours d'eau en aval en raison des changements de débits et de qualité de l'eau. Effets potentiels sur le marais de Torotorofotsy causés par les changements de débit des bassins versants et la variation de la qualité de l'eau.	Plan de gestion des eaux. Rétablissement de la végétation. Lutte contre l'érosion et contrôle du débit solide. Plan d'intervention en cas de déversement.	Intensité faible. Modification à moyen terme des habitats.
Fermeture	Changements dans le paysage et développement de caractéristiques hydrographiques de surface favorisant un habitat aquatique productif.	Gestion des eaux; lutte contre l'érosion. Réhabilitation et amélioration de l'habitat sur le site.	Intensité faible. Modification à long terme des habitats aux points de franchissement.

Les conditions de l'habitat aquatique dans le secteur du pipeline sont assez bien comprises, mais la qualité de l'information provenant de l'étude de référence qui supporte cette connaissance (étude sur le terrain de 15 des 99 franchissements potentiels) est estimée de faible à moyenne. Cela vient de la difficulté démontrée d'appliquer à d'autres cours d'eau les résultats obtenus pour un cours d'eau particulier, même si toutes les classes de cours d'eau ont fait l'objet d'une visite. Le niveau de confiance des prévisions d'impact sur l'habitat dans le secteur du pipeline est toutefois jugé moyen puisque des méthodes d'atténuation des impacts seront utilisées sur les sites de construction.

Le tableau 4.3-8 présente une classification générale des impacts résiduels. La classification globale en fonction des conséquences sur l'environnement se base sur le système d'évaluation décrit à la section 7 du volume A.

Tableau 4.3-8 Classification des impacts résiduels concernant les effets sur l'habitat aquatique

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Effet: perturbation de l'habitat aquatique par le pipeline de pulpe							
construction	négative	faible	locale	court terme	non	élevée	faible
opération	négative	faible	locale	long terme	non	élevée	faible
Effet: variations de la qualité de l'eau (MES) en aval							
construction	négative	forte	locale	court terme	oui	élevée	moyenne / inconnue
opération	négative	faible	locale	moyen terme	oui	élevée	faible / inconnue
fermeture	négative	faible	locale	long terme	oui	élevée	faible / inconnue
Effet : perturbation de l'habitat aquatique et variations de la qualité de l'eau causées par les infrastructures et les routes d'accès ou de service							
construction	négative	faible	locale	court terme	non / oui (qualité de l'eau)	élevée	faible / inconnue
Opération	négative	faible	locale	long terme	non / oui (qualité de l'eau)	élevée	faible / inconnue
Effet : réhabilitation de l'habitat aquatique							
fermeture	positive	s/o	s/o	s/o	s/o	s/o	s/o

s/o = Sans objet; critère non applicable aux impacts positifs.

Surveillance

Pour s'assurer de la préservation des ressources en aval, une surveillance des cours d'eau sera effectuée durant la construction et l'opération, de même qu'à la suite des perturbations, afin de confirmer l'efficacité des mesures d'atténuation et de réhabilitation.

4.3.6 Question clé FA-2 : Quel effet le projet aura-t-il sur l'abondance et la survie des poissons ?

4.3.6.1 Liens d'impact

Que ce soit durant la construction, l'opération ou la fermeture, les activités reliées au pipeline peuvent avoir un effet sur la survie et l'abondance des poissons et du biote aquatique. Les changements seront principalement dus à:

- des modifications à la communauté (habitat)
- la modification de la santé des poissons

Modification de la communauté (habitat)

La présence, l'abondance et la survie des poissons et du biote aquatique sont directement liées à l'habitat. L'ichtyofaune et le biote aquatique seront perturbés par l'établissement de franchissements pour le pipeline et pour les routes d'accès ou de service.

Santé des poissons

La construction et l'opération du pipeline de pulpe, ainsi que toutes les activités qui y sont reliées, peuvent nuire à la santé des poissons. Des effets sur la santé des poissons se produisent lorsque les caractéristiques physiques ou chimiques de l'eau varient et sortent de la zone de tolérance des poissons. La santé des poissons est sensible à la présence de substances contaminantes (issues d'un déversement ou du rejet d'effluents). Elle dépend également de la qualité de l'eau (grande quantité de matières solides entraînées) et des techniques de construction (par ex., l'utilisation d'explosifs). Ces perturbations produisent des effets létaux, sub-létaux ou chroniques sur les poissons.

4.3.6.2 Méthodes d'évaluation

Les données concernant la perte d'habitat dans les cours d'eau (question clé FA-1) et l'information de terrain sur l'intégrité de l'habitat obtenue de l'étude de référence ont été mises en commun avec les données sur la composition des

communautés et leur taxinomie (définies par l'échantillonnage de référence qualitatif et quantitatif effectué dans le secteur local d'étude). Un examen de la liste rouge de l'UICN (2004) et d'autres listes de vérification récentes a permis d'évaluer la situation des espèces de poissons endémiques et natives quant à la conservation. On a jugé de la santé des poissons et de l'écosystème en interprétant les prévisions de qualité et de quantité d'eau (volume C, sections 3.6 et 3.7).

4.3.6.3 Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation qui limiteront la perte de communautés de poissons et d'invertébrés découlant de la construction et de l'opération du pipeline sont les mêmes que celles décrites à la section 4.3.5.4.

4.3.6.4 Résultats

Modification de la communauté (habitat)

L'ichtyofaune dans le secteur local d'étude du pipeline est composé à 70 % d'espèces natives ou endémiques. Au total, huit espèces endémiques, dont cinq sont mentionnées sur la liste rouge de l'UICN (2004), ont été observées sur le tracé du pipeline. Il se trouve des poissons endémiques en 12 des 15 emplacements inventoriés (tableau 4.3-9). La présence de onze espèces natives a été relevée sur un total de 10 cours d'eau. La diversité des bassins versants que le tracé traverse et la longueur du pipeline expliquent les variations observées dans la distribution et l'abondance des espèces.

L'aire de distribution de plusieurs espèces endémiques s'est réduite et localisée à la suite de la dégradation de l'habitat et de l'introduction de d'espèces concurrentes et de prédateurs (Ravelomanana 2004). Toutes les espèces rencontrées dans le secteur local d'étude avaient déjà été observées dans les hautes terres et les basses terres orientales (CAMP 2001). Toutefois, on a noté certaines nouveautés quant à la distribution des espèces dans les cours d'eau et les bassins hydrographiques se trouvant sur le tracé du pipeline. Il existe des lacunes dans l'information traitant de la biologie des espèces natives et endémiques du secteur d'étude. Par conséquent, il n'est pas possible de déterminer les habitats essentiels aux espèces résidentes aux points de franchissement, ni l'utilisation qu'elles en font (par ex., routes migratoires). Point intéressant à relever, malgré que beaucoup d'habitats sur le tracé du pipeline soient classés comme perturbés, des populations de poissons endémiques subsistent dans une majorité des cours d'eau et l'abondance relative de ces espèces est supérieure à celle des espèces exotiques dans près de 60 % des emplacements (tableau 4.3-9).

Tableau 4.3-9 Distribution, nombre d'espèces et abondance relative (par comparaison avec les espèces introduites) des espèces endémiques dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe.

Points d'échantillonnage	Présence de poissons endémiques	Nombre d'espèces endémiques	Abondance relative (+ = supérieur aux espèces introduites)
R2+000	√	1	+ (seule espèce présente)
R5+575	√	1	
R9+250	√	2	
R16+100		0	
042+300	√	1	+ (seule espèce présente)
051+800	√	2	
060+600	√	2	+
107+200	√	4	+
136+200	√	3	+
145+700	√	5	+
157+700	√	1	
175+200	√	2	+
178+900	√	1	
E3 005+150[(a)]		0	
E3 011+950[(a)]		0	

[(a)] E3 Identifie des points ayant été inventoriés le long d'un tracé alternatif pour le pipeline

Les perturbations subites par les populations résidentes de poissons aux points de franchissement résulteront des modifications de l'habitat (perturbation physique de l'habitat dans le chenal de rivière), de l'augmentation de la sédimentation et des dépôts de sédiments en aval que provoqueront les activités de construction. Les tests hydrostatiques représentent également un risque d'impact sur les poissons (prélèvement de grandes quantités d'eau à partir d'un habitat essentiel, entraînement, rejets modifiant localement les conditions de l'habitat). L'application des plans de gestion de la construction et de l'opération diminuera l'importance de ces effets, les rendra généralement temporaires et de faible intensité. Un impact à long terme peut se produire lorsque des structures permanentes comme des ponts et des ponceaux sont installées, mais son intensité est jugée faible. Il existe un faible risque qu'un bris du pipeline (volume C, section 3.5) en cours d'opération puisse nuire à la qualité de l'eau et au biote. Toutefois on estime que les travaux d'entretien et la surveillance du pipeline permettront de restreindre l'envergure des impacts à un faible niveau.

L'impact sur les communautés de poissons exotiques est jugé négligeable puisque celles-ci jouissent d'une grande aire de distribution et d'une bonne capacité d'adaptation à l'habitat et elles affichent également une tolérance à la dégradation de la qualité de l'eau.

Santé des poissons

Des modifications à la santé des poissons se produiront principalement à l'échelle locale, là où les travaux de construction causeront une augmentation de la sédimentation. Seront également mis en cause les accidents et déversements possibles dans les cours d'eau ainsi que les rejets d'effluents. Les effets sur la qualité de l'eau (MES) risquent d'être considérables étant donné la nature des sols, la topographie et l'envergure des travaux, qu'ils s'effectuent en milieu terrestre ou aquatique, car ils comportent un potentiel important d'érosion et de sédimentation. Les conséquences de l'exposition des poissons aux sédiments dépendent de la concentration en MES et de la durée d'exposition. Elles vont d'un comportement d'évitement ou d'un stress physiologique mineur jusqu'à la mortalité. Les déversements et les effluents d'eaux usées en provenance des bases vie ainsi que les tests hydrostatiques (prélèvement et réinjection sous pression de l'eau) peuvent également nuire à la santé des poissons.

4.3.6.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Le tableau 4.3-10 résume les impacts résiduels des modifications dans l'abondance, la survie et la structure des communautés endémiques à la suite de la construction, de l'opération et de la fermeture du pipeline de pulpe.

L'état de conservation des espèces dans le secteur d'étude du pipeline est mal connu. De plus, le niveau de connaissance concernant les cycles de vie et la biologie de la plupart des espèces de poissons endémiques et des autres espèces du biote est très faible. Une meilleure information sur la biologie particulière des espèces permettrait de mieux identifier les habitats essentiels et les périodes sensibles dans leurs cycles de vie. Cependant, des méthodes d'atténuation seront utilisées de concert avec une surveillance accrue, juste avant d'entreprendre la construction. Le niveau de confiance des prévisions de l'intensité d'impact sur les poissons et les communautés aquatiques en aval des franchissements est donc moyen.

Les objectifs de réhabilitation et de fermeture visent la restauration et, dans certains cas, l'amélioration de l'habitat. Il est cependant difficile de prévoir quel sera le succès de ces opérations.

Tableau 4.3-10 Effets potentiels et impacts résiduels sur l'abondance et la santé des espèces aquatiques dans le secteur du pipeline

Phase du projet	Effets potentiels	Mesures d'atténuation	Impacts résiduels

construction	Évitement, effets quasi létaux ou mortalité, tout dépendant du niveau de MES, ou autres effets locaux sur l'habitat des rives et du chenal de rivière durant les travaux en milieu aquatique et pendant la construction des routes.	Gestion locale des eaux. Évaluation de la meilleure technique avant d'entreprendre les travaux. Conception de systèmes de réduction de l'érosion. Programme de sauvetage des poissons.	Intensité forte. Effets à long terme sur la qualité de l'eau, le poisson et la faune aquatique locale. Intensité faible. Effet à long terme sur l'habitat durant la construction des ponts et ponceaux.
opération	Modification du biote en aval due au changement de débit et de la qualité de l'eau.	Technique de réduction de l'érosion et de contrôle du débit solide.	Intensité moyenne à élevée. Effets à court terme sur les communautés aquatiques vivant en aval en raison de la variation de la qualité de l'eau. Intensité faible. Modification à long terme de la communauté et de la composition en espèces en raison de l'altération de l'habitat riverain et aquatique.
fermeture	Modification de la communauté et de la composition en espèces.	Amélioration de l'habitat aux points de franchissement.	Intensité faible. Récupération à long terme des espèces résidentes.

Le tableau 4.3-10 présente une classification globale des impacts résiduels. La classification globale en fonction des conséquences sur l'environnement se base sur le système d'évaluation décrit au volume A, section 7.

Tableau 4.3-11 Classification des impacts résiduels concernant les effets sur l'abondance et la santé des espèces aquatiques dans le secteur du pipeline de pulpe

Phase	Orientation	Intensité	Portée géog.	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Effet : modification de la communauté (habitat)							
construction	négative	faible	locale	long terme	non	moyenne	faible
opération	négative	faible	locale	long terme	non	moyenne	faible
Effet : changement dans la santé des poissons							
construction	négative	faible	locale	court terme	oui	élevée	négligeable / inconnue
opération	négative	faible	locale	long terme	oui	élevée	négligeable / inconnue
Effet : réhabilitation du secteur							
fermeture	positive	s/o	s/o	s/o	s/o	s/o	s/o

s/o = Sans objet; critère non applicable aux impacts positifs.

Surveillance

Pour s'assurer de la préservation des ressources en aval, une surveillance des cours d'eau sera effectuée durant la construction, l'opération et après

perturbation, afin de confirmer l'efficacité des mesures d'atténuation et de réhabilitation.

4.3.7 Question clé FA-3 : Quel effet le projet aura-t-il sur la pêche artisanale?

4.3.7.1 Liens d'impact

La construction, l'opération et la fermeture du pipeline peuvent avoir un impact sur la pêche artisanale locale et la récolte de biote aquatique d'eau douce (poissons et communautés d'invertébrés aquatiques). Ces effets découlent de :

- l'accessibilité au secteur du pipeline et aux régions avoisinantes
- la variation dans l'abondance et la santé des poissons.

Accessibilité

Une augmentation de la récolte de poissons et d'invertébrés par la pêche artisanale (à des fins de consommation ou pour le commerce de poissons d'aquarium) est susceptible de se produire étant donné l'accès plus facile aux bassins hydrographiques que traversent le pipeline de pulpe et les routes d'accès.

Abondance et santé des poissons

L'opération du pipeline risque d'influencer la récolte des poissons telle qu'elle se pratique actuellement dans le secteur local d'étude. Des changements dans l'état de santé des espèces peuvent survenir en raison des effets en aval des constructions et des infrastructures (c'est-à-dire les routes de service et les bases vie).

4.3.7.2 Méthodes d'évaluation

Le plan d'exécution du pipeline a fait l'objet d'un examen qui visait à évaluer les accès et tout autre changement relié aux infrastructures.

Les espèces de poissons et d'invertébrés susceptibles d'intéresser la pêche artisanale ont été déterminées à partir : 1) des observations faites dans l'étude de référence, 2) du jugement professionnel basé sur la composition en espèces telle qu'elle a été relevée, ou 3) de rapports et autres publications.

Quant à l'état de santé des poissons, il a été estimé par une interprétation des données prévues de quantité et de qualité de l'eau.

4.3.7.3 Mesures d'atténuation

Construction et opération

- Restreindre l'accès (en consultation avec les représentants locaux) aux régions dont on sait qu'elles contiennent des espèces endémiques rares qu'on a décidé de protéger.
- Restreindre l'accès aux plans d'eau aux seuls employés de construction.

4.3.7.4 Résultats

L'établissement d'un réseau de routes d'accès et l'amélioration des routes existantes va faciliter l'accès aux cours d'eau des bassins versants traversés par le pipeline. Il n'est cependant pas possible de quantifier l'augmentation de l'accès. La majorité des espèces sujettes à la pêche artisanale dans le secteur local d'étude sont exotiques (section 4.3.3.3); une accessibilité accrue peut amener une augmentation de la pression de pêche de la part des pêcheurs habitant les villages de la région. Plus préoccupant encore est l'afflux de personnes associé à la présence des bases vie de chantier (jusqu'à 400 personnes par base vie). L'effet d'une pêche non réglementée sur les communautés de poisson et le biote aquatique peut s'avérer très négatif. On classe l'intensité de ces impacts comme allant de moyenne à forte, mais leur portée géographique reste localisée.

Les changements dans la santé et l'état des poissons peuvent se produire à l'échelle locale pour diverses raisons. Le transport accru de matières solides en suspension pendant la construction en cours d'eau, les accidents ou déversements dans les plans d'eau, les rejets d'effluents et le dépôt dans les plans d'eau locaux des émissions atmosphériques dégradent toutes la qualité de l'eau en aval du pipeline. Les mesures d'atténuation et les plans de gestion environnementale relatifs aux apports solides, au pompage des eaux de surface et au rejet d'effluents limiteront ces changements aux normes acceptées. Ces mesures feront également l'objet d'un suivi. Les effets sur la santé et l'état des poissons sont donc considérés faibles après l'application des mesures d'atténuation, et les conséquences sur l'environnement sont également faibles.

4.3.7.5 Analyse d'impacts

Impacts résiduels

Le tableau 4.3-12 résume les impacts résiduels des modifications à la pêche artisanale à la suite de la construction, de l'opération et de la fermeture du pipeline de pulpe du projet Ambatovy.

Tableau 4.3-12 Effets potentiels et impacts résiduels sur la pêche artisanale

Phases	Effets potentiels	Mesures d'atténuation	Impacts résiduels
Construction	Effets localisés sur l'habitat, la qualité de l'eau et l'abondance des espèces aquatiques. Augmentation de la récolte résultant des nouvelles voies d'accès et de la présence des ouvriers.	Réglementation de l'usage.	Faible intensité. Perte à court terme pendant la construction des infrastructures. Intensité forte. Perte à court terme autour du pipeline en raison de la présence de la main-d'oeuvre.
Opération	Augmentation de l'utilisation du biote local en raison d'un accès plus facile et plus étendu.	Programme local de sensibilisation à l'environnement local. Restriction de l'accès.	Intensité moyenne : changement à moyen terme résultant de la modification de l'accessibilité.
Fermeture	Augmentation des prises au sein du biote local en raison d'un accès plus facile.		Intensité faible : modification à long terme de la récolte du biote aquatique.

L'importance de la ressource aquatique et l'usage qui en est fait dans le secteur perturbé par le pipeline sont mal connus et ce qu'on en sait n'est basé que sur des observations faites durant les études sur le terrain. Toutefois, il a été démontré plus haut que les impacts sur l'abondance et la santé des poissons seront faibles. Par conséquent, le niveau de confiance des prévisions concernant l'impact sur la pêche artisanale est moyen.

Le tableau 4.3-13 présente une classification globale des impacts résiduels. La classification globale en fonction des conséquences sur l'environnement se fonde sur le système de classification décrit au volume A, section 7.

Tableau 4.3-13 Classification des impacts résiduels concernant les effets sur la pêche artisanale

Phase	Orientation	Intensité	Portée géog.	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Effet : modification de l'accessibilité							
construction	négative	forte	locale	court terme	oui	moyenne	modérée
opération	négative	faible	locale	moyen terme	oui	élevée	faible
fermeture	négative	faible	locale	long terme	oui	élevée	faible
Effet : changements dans la santé et l'abondance des poissons							
construction	négative	faible	locale	long terme	oui	faible	faible
opération	négative	faible	locale	moyen terme	oui	moyenne	faible

4.3.8 Conclusion

Il est difficile de généraliser les résultats obtenus pour les cours d'eau étudiés, aux cours d'eau qui ne l'on pas été. Cela tient à la grande variabilité observée et a représenté un défi pour la présente étude du secteur du pipeline. Toutefois, la mise en oeuvre de mesures d'atténuation standard et la réalisation d'études additionnelles avant la construction contribueront à réduire l'intensité et la durée des impacts.

Il est prévu que les effets résiduels de la construction et de l'opération du pipeline de pulpe auront des conséquences faibles sur l'environnement concernant l'abondance et la survie des espèces de poissons endémiques et pour l'habitat aquatique. Toutefois, des impacts d'une amplitude plus élevée et aux conséquences indéterminées pourraient se matérialiser en raison des changements dans la qualité de l'eau (MES) des cours d'eau au voisinage du pipeline.

Les conséquences sur l'utilisation de la ressource locale et sur la pêche artisanale des poissons et du biote sont jugées faibles en regard de l'accroissement de l'accessibilité causé par l'implantation du pipeline. De plus, ces effets seront localisés et on prévoit qu'ils seront sans grande conséquence, sauf durant la courte période de construction où ils auront des conséquences modérées.

4.4 HABITATS NATURELS ET BIODIVERSITE

4.4.1 Introduction

La présente section de l'Etude d'impact environnemental (EIE) fournit une évaluation des effets potentiels du projet Ambatovy proposé (« le projet ») sur les habitats naturels et la biodiversité dans le secteur d'étude du pipeline de pulpe. L'évaluation est liée de façon intrinsèque aux composantes de la biodiversité : flore, faune et poissons. Conformément aux Termes de références (volume H, annexe 1), des données propres au site ont été collectées afin de traiter les éléments suivants des habitats naturels et de la biodiversité:

- décrire le niveau actuel de perturbation et de biodiversité de chaque type de communauté naturelle terrestre et aquatique dans le secteur d'étude
- décrire la vulnérabilité de chaque type de communauté à la perturbation et sa capacité de rétablissement
- déterminer le statut (distribution et abondance) de chaque type de communauté
- décrire les caractéristiques du paysage dans le secteur d'étude telles que la connectivité et la fragmentation de l'habitat
- discuter des mécanismes d'atténuation et de compensation à utiliser pour réduire/remplacer les pertes subies par les types de communautés naturelles
- discuter des possibilités que le projet améliore les conditions du maintien de la biodiversité
- évaluer les impacts résiduels des phases d'opération et de post-fermeture du projet sur les types de communautés naturelles et sur la biodiversité
- fournir des détails sur la surveillance et la gestion des habitats naturels et de la biodiversité qui font appel à la participation des résidents locaux

Cette section de l'EIE présente l'information suivante:

- une description du secteur d'étude utilisé pour collecter des données de référence et évaluer les impacts liés au projet sur les habitats naturels et la biodiversité
- un résumé des données de référence collectées et des conditions actuelles. Le résumé met l'accent sur l'information la plus pertinente à l'évaluation des impacts prévus. Une description complète des

méthodes, de l'analyse et des résultats de l'étude de référence est fournie dans le volume J (annexe 4.1)

- une évaluation des impacts liés au projet sur les habitats naturels et la biodiversité, y compris la portée des enjeux, les méthodes d'évaluation, les mesures d'atténuation, les impacts résiduels prévus et un aperçu des activités de surveillance proposées
- un résumé des conclusions concernant les impacts résiduels prévus et des mesures d'atténuation et activités de surveillance connexes

4.4.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe comprend l'empreinte du pipeline de pulpe d'environ 195 km, plus une zone tampon de 1 km de chaque côté du pipeline, et il s'étend du gisement dans le secteur local d'étude de la mine jusqu'au site de l'usine dans le secteur local d'étude de Toamasina (figure 7.2-2, section 7, volume A).

Le secteur local d'étude a été divisé en trois zones principales d'occupation du sol : la partie ouest, qui se trouve dans le corridor forestier (zone du corridor); la partie centrale, qui, contournant certains lambeaux de forêt primaire, passe par une zone définie principalement par la culture sur tavy (zone de tavy); et la partie est, qui contient de la végétation entièrement secondaire et caractérisée par une utilisation agricole plus dense (zone agricole).

Le pipeline passe au départ par le site Ramsar de Torotorofotsy se trouvant dans le secteur local d'étude de la mine et plus à l'est, par le corridor de conservation Mantadia-Zahamena. Le tracé proposé a été modifié au cours de l'analyse des options pour le situer principalement sur des terres déjà perturbées (volume B, section 1).

4.4.3 Résumé de l'étude de référence

La présente section fournit un résumé des résultats sur le potentiel actuel de biodiversité, les secteurs d'habitats naturels et les pratiques d'occupation du sol dans le secteur local d'étude. Le résumé se concentre sur les résultats qui sont importants pour évaluer les impacts du projet. Tel que noté précédemment, une description complète des méthodes de l'étude de référence, de l'analyse et des résultats est fournie dans le volume J (annexe 4.1).

4.4.3.1 Diversité de l'écosystème

Plus de 75% des espèces végétales et aviaires identifiées dans le secteur d'étude du pipeline de pulpe étaient endémiques à Madagascar (tableau 4.4-1). A l'exception d'une espèce d'amphibien, tous les reptiles et les amphibiens identifiés étaient endémiques dans l'île et trois espèces sont répertoriées par l'Union mondiale pour la nature (UICN). Cinq espèces végétales et huit espèces d'oiseaux ont un statut UICN.

Des points d'échantillonnages précis dans les transects n'ont pas été consignés lors des études sur la végétation, par conséquent, il n'a pas été possible de déterminer les paramètres d'écosystème des espèces de flore par classe d'habitat ou d'occupation du sol (volume J, annexe 1.1). Parmi la distribution actuelle des communautés végétales dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe, la richesse en espèces d'amphibiens et de reptiles était la plus élevée dans l'habitat forêt primaire (76 espèces) et à la lisière de la forêt primaire (18 espèces). Trente-cinq espèces étaient propres à la forêt primaire (volume J, annexe 2.1). La forêt d'eucalyptus abritait 15 espèces de reptiles et d'amphibiens, tandis que les marais et les clairières de la forêt primaire contenaient 10 ou 11 espèces. Les habitats perturbés, tels que les lambeaux de forêt primaire, la forêt secondaire et le tavy, abritaient cinq espèces ou moins (volume J, annexe 2.1). Tout comme les reptiles et les amphibiens, la plupart des espèces aviaires ont été détectées dans l'habitat forestier (62 des 86 espèces), dont toutes les espèces répertoriées par l'UICN.

Au total, 26 espèces de poissons ont été relevées aux points d'échantillonnage du secteur du pipeline (tableau 4.4-1). Huit espèces sont endémiques, 11 sont indigènes (indigènes mais non endémiques) et sept sont exotiques. Aucune espèce n'est répertoriée dans la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES). Pour les poissons, comme pour le secteur local d'étude de la mine, la disparition d'habitat ainsi que la concurrence et la prédation des espèces exotiques ont vraisemblablement contribué à la contraction de l'aire de distribution de la faune endémique et indigène des poissons.

Tableau 4.4-1 Richesse en espèces, endémisme et statut de conservation de la flore, des reptiles, des amphibiens, des oiseaux et des poissons dans le secteur local d'étude du pipeline

Classe	Richesse en espèces	Nombre d'espèces endémiques	Espèces UICN	Espèces CITES
flore	332	257	5	3
amphibiens	54	53	2	2
reptiles	35	35	1	13
oiseaux	86	71	8	10
poissons	26	8	2	0

4.4.3.2 Diversité du paysage

Environ 94% des terres dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe sont présentement perturbées (tableau 4.4-2), ce qui témoigne de la réussite des activités de modification du tracé pour minimiser les impacts, particulièrement dans le corridor Mantadia-Zahamena. Les pratiques d'occupation du sol comprennent l'agriculture sur tavy, l'exploitation forestière, les terres boisées, les plantations et la production rizière. Les forêts azonale, de transition et de bordure de marais sont situées à l'extrémité « est » du tracé du pipeline, à proximité du site de la mine. Le corridor du pipeline traverse également la zone de forêt primaire. Un petit nombre de zones humides naturelles, représentant 1,1% de la superficie, est situé dans la partie « est » du tracé du pipeline, près du secteur d'étude Toamasina.

Tableau 4.4-2 Classification de l'occupation du sol du secteur local d'étude du pipeline

Classe d'occupation du sol	Superficie (ha)	Proportion de la superficie totale (%)
habitats azonaux	81	0,2
forêt de transition azonale	36	0,1
forêt de transition	151	0,4
forêt en bordure de marais	26	0,1
forêt primaire	1403	3,9
zones humides	406	1,1
forêt primaire dégradée	1537	4,2
zone défrichée / tavy	30 778	84,9
terre boisée / plantation	693	1,9
pâturage	308	0,9
rizières	278	0,8
savane côtière	227	0,6
eau	128	0,4
implantation humaine	120	0,3
cordon de dune littoral	70	0,2
industrie	25	0,1
route	6	<0,1
chemin de fer	2	<0,1

4.4.4 Evaluation des impacts

4.4.4.1 Portée des enjeux

Les enjeux suivants relatifs aux impacts du pipeline de pulpe sur les habitats naturels et la biodiversité sont basés sur la consultation publique et les Termes de référence (volume A, section 6; volume H, annexe 1):

- les impacts potentiels de la construction sur les habitats naturels et la biodiversité
- les impacts potentiels du corridor de construction du pipeline sur les espèces rares, menacées d'extinction ou localement endémiques
- les effets indirects durant la construction et l'opération sur les habitats naturels et la biodiversité découlant d'un accès accru le long du corridor

- toute fragmentation ou perte d'habitat principal dans des secteurs reconnus d'importance spéciale, notamment le marais de Torotorofotsy et le corridor Mantadia-Zahamena

Tout au long de l'EIE, des questions clés ont été employées pour élaborer des liens de cause à effet, ou diagramme de liens (volume A; section 7). Le diagramme de liens illustrant les liens entre les activités du projet et leurs effets sur les habitats naturels et la biodiversité est présenté dans le volume H à l'annexe H-9. Ces activités de projet influent également sur les populations végétales et animales qui représentent les composantes de la biodiversité. Ainsi, les changements à la flore, la faune (y compris des poissons) et l'habitat ont été évalués en posant une question clé:

Question clé HB-1 Quel impact le projet Ambatovy aura-t-il sur les habitats naturels et la biodiversité?

Seuls les liens qui présentent le potentiel d'affecter directement les habitats naturels et la biodiversité, tels que mesurés par les paramètres d'écosystème et de paysage (volume C, section 4.4.3), sont évalués. Les effets indirects sur les composantes de la biodiversité telles que la flore, la faune, les poissons et les ressources aquatiques sont abordés dans le volume C, aux sections 4.1, 4.2 et 4.3. Un résumé de ces effets anticipés est présenté au tableau 4.4-3; le tableau indique également les autres sections de l'EIE où se trouvent les analyses des impacts.

4.4.4.2 Evaluation des impacts

Les indicateurs utilisés pour classifier le potentiel de biodiversité des habitats dans le secteur local d'étude du pipeline comprenaient les types de forêt primaire, les zones humides naturelles, les forêts dégradées et la richesse en espèces, l'endémisme des espèces et le statut de conservation des espèces (UICN et CITES) pour les végétaux, la faune et les poissons (volume C, section 4.4.3). Les impacts directs du projet sur l'habitat et les indicateurs de la biodiversité seront évalués par les changements dans la superficie des habitats du paysage.

Evaluation des liens d'impacts potentiels

Parmi les activités qui pourraient entraîner des changements aux habitats naturels et à la biodiversité, notons la construction du corridor du pipeline de pulpe et son opération et la réhabilitation au moment de la fermeture. Le pipeline de pulpe reliera l'usine de préparation du minerai de la mine d'Ambatovy à l'usine de traitement située à Toamasina. Le pipeline sera enfoui et il fera environ 195 km de longueur. Le corridor variera en largeur selon la pente, de 25 m à 100 m, et comprendra l'emprise d'une route d'accès le longeant. Les détails spécifiques du projet sont décrits dans le volume C, à la section 2.0. Brièvement, les activités

principales associées au pipeline de pulpe qui influeront sur les habitats naturels et la biodiversité sont les suivantes:

- des études du parcours comprenant un relevé géodésique et la démarcation de l'axe du pipeline, des campagnes géotechniques et des relevés hydrologiques au début de la phase de construction
- le défrichement direct de la végétation et le terrassement de la servitude, des nouvelles routes d'accès et améliorations, des bases vie, des aires d'entreposage des conduits du pipeline
- le transport des tuyaux se fera par camion et les activités de pose des tuyaux se dérouleront principalement en saison sèche
- durant la réhabilitation, certaines sections du pipeline pourraient être enlevées, mais la plupart des sections seront laissées en place.

Tableau 4.4-3 Emplacement de l'information relative à l'analyse des impacts sur la biodiversité

Activités de projet	Enjeu	Impacts potentiels sur les habitats naturels et la biodiversité	Section de l'EIE sur la biodiversité	Section de l'EIE sur la flore	Section de l'EIE sur la faune	Section de l'EIE sur les ressources aquatiques
construction et opération						
défrichement du site et infrastructure	perte et fragmentation de l'habitat végétal, de la faune et de l'habitat aquatique	pertes d'espèces végétales, de faune et de poissons	O	O	O	O
		pertes d'espèces végétales, de faune et de poissons endémiques et inscrites	O	O	O	O
		changement de la composition du paysage	O			
		changement de la configuration du paysage	O			
		mortalité directe de la faune			O	O
		obstacles au mouvement de la faune et des poissons			O	O
		obstacles à la dispersion		O	O	O
		perturbations sensorielles de la faune et des poissons			O	O
	changement de l'accès	changement au niveau de la chasse, du piégeage, de la pêche et de la prédation			O	O
		augmentation des collisions entre véhicules et animaux sauvages			O	
	changement de la qualité de l'air	changement de la qualité des tissus végétaux et animaux		O	O	O
	changement de l'hydrologie	changements aux habitats terrestres et aquatiques		O	O	O
	changement de la qualité de l'eau	changement de la qualité des tissus végétaux et animaux		O	O	O
opération et fermeture						
réhabilitation	remplacement de l'habitat	changement au niveau de tous les impacts potentiels susmentionnés	O	O	O	O

Note : O = Oui

Trois sous-secteurs majeurs d'occupation du sol ont été définis le long du secteur local d'étude du pipeline de pulpe: la partie ouest, qui se trouve dans le corridor forestier (zone du corridor); la partie centrale, qui, contournant certains lambeaux de forêt primaire, passe par une zone définie principalement par la culture sur tavy (zone de tavy); et la partie est, qui contient de la végétation entièrement secondaire et caractérisée par une utilisation agricole plus dense (zone agricole) (volume K, annexe 3.1).

L'aménagement du projet provoquera la perte ou l'altération de 940 ha d'habitat dans le secteur local d'étude (y compris les zones tampons connexes). De toutes les sources possibles d'impacts découlant de la construction et de l'opération du projet, la perte d'habitat compte parmi les plus importantes, puisqu'elle réduit la capacité du paysage à soutenir les espèces végétales, de faune et de poisson (Fahrig 1997; Andrén 1999; Fahrig 2003). Depuis que la théorie de la biogéographie insulaire été proposée par MacArthur et Wilson (1967), de nombreuses études ont démontré la relation négative qui existe entre la perte de superficie d'habitat et la richesse et l'abondance en espèces (voir la revue faite par Debinski et Holt 2000). Plusieurs espèces sont également endémiques et/ou ont un statut spécial de conservation (volume C, section 4.4.3).

L'enlèvement et l'altération de l'habitat durant la construction et l'opération entraînent aussi la fragmentation (ou le morcellement) des écotypes du paysage. La fragmentation est liée de façon typique à des changements au niveau de la taille et du nombre d'îlots (« patches »), de la connectivité de l'habitat et des effets de lisière (Fahrig 2003). La quantité d'habitats de forêt primaire, de zones humides et de forêt dégradée sera influencée par des changements de la taille moyenne des îlots et de leur nombre. La connectivité et les effets de lisière n'affectent toutefois pas la superficie de ces habitats qui ont le potentiel de soutenir des espèces végétales et animales; ce lien d'impact potentiel n'est donc pas valide.

L'impact potentiel le plus grand de la fragmentation sera sur le biote qui habite le paysage dans le secteur local d'étude, particulièrement les habitats de forêt primaire dans le corridor Mantadia-Zahamena. Le processus de fragmentation entraîne souvent la déconnexion des fragments d'habitat, se soldant par une proportion élevée de périmètres ouverts. Par la suite, la fragmentation peut accroître la quantité de lisières d'îlots d'habitat, diminuer la quantité d'intérieur d'habitat et augmenter la distance entre les îlots d'habitat (Turner 1996; Fahrig 1997, 2003).

Les changements relatifs à la lisière et à l'intérieur de la forêt peuvent avoir une influence négative sur les espèces qui se trouvent dans les habitats en modifiant les régimes d'humidité, de lumière et de nutriments (Kitchell et al. 1979; Kapos

1989; Saunders et al. 1991; Brown 1993; Nichol 1994). De tels changements du microclimat affectent de façon particulièrement importante certaines espèces de plantes, de poissons, d'amphibiens et de reptiles. Ils augmentent aussi les risques d'introduction (accidentelle ou autre) d'espèces envahissantes ou exotiques qui peuvent supplanter et remplacer des espèces indigènes dans des niches uniques que ces dernières occupaient précédemment dans un écosystème (Turner 1996; Debinski et Holt 2000; Benstead et al. 2003). Les lisières peuvent aussi modifier la dynamique des populations et des communautés et la composition des espèces indigènes (Karieva 1987; Fagan et al. 1999).

La séparation spatiale accrue des habitats peut avoir un impact sur le mouvement, la dispersion (des animaux et des plantes), la survie et la reproduction des individus, ce qui peut affecter la probabilité de persistance des populations (Turner 1996; Fahrig et Paloheimo 1988; Pulliam 1988; Hanski 1996; Debinski et Holt 2000).

La réhabilitation durant l'opération et lors de la fermeture est souvent la première étape dans le rétablissement d'un écosystème naturel. La réussite de la réhabilitation pourrait renverser certains des effets du projet sur les habitats naturels et la biodiversité.

Le tableau 4.4-4 présente un résumé des liens d'impact potentiel entre le projet et la biodiversité.

Tableau 4.4-4 Résumé des impacts potentiels sur les habitats naturels et la biodiversité

Paramètres des habitats naturels et de la biodiversité	Liens d'impact potentiel du projet		
	Superficie de l'habitat	Fragmentation de l'habitat	Réhabilitation
habitats de forêt primaire, de zones humides, de forêt dégradée	O	O	O
richesse en espèces	O	O	O
endémisme des espèces	O	O	O
statut de conservation des espèces	O	O	O

Note : O = Oui

Méthodologie d'évaluation

Les données de référence portant sur la richesse en espèces, l'endémisme et le statut de conservation des espèces (listes UICN et CITES) pour les plantes et la faune ont été utilisées pour estimer le potentiel actuel de biodiversité des habitats dans le secteur local d'étude (volume C, section 4.4.3). L'information sur la

richesse en espèces, l'endémisme et le statut de conservation des espèces de poissons a aussi été obtenue afin d'évaluer la contribution relative de la macrofaune aquatique à la biodiversité dans le secteur local d'étude. Les valeurs aux conditions de référence pour la superficie et la composition des types d'habitat dans le secteur local d'étude ont été calculées (volume C, section 4.4.3).

Les impacts directs du pipeline sur l'habitat et les indicateurs de la biodiversité ont été évalués par le biais de changements de la superficie et de la composition des habitats du paysage. Les changements de superficie et de composition des habitats ont été déterminés pour le secteur local d'étude en superposant l'empreinte au sol du pipeline de pulpe sur le paysage (scénario après projet). L'empreinte comprenait une zone tampon de 25 m de chaque côté du pipeline produisant ainsi une zone d'impact d'environ 50 m de largeur.

L'impact potentiel du projet sur les indicateurs de biodiversité a été estimé en calculant la différence relative entre les paramètres du paysage du scénario après projet et ceux des conditions de référence selon l'équation suivante:

(indicateur du scénario après projet – indicateur aux conditions de référence) / indicateur aux conditions de référence

La valeur calculée a ensuite été multipliée par 100 pour donner le pourcentage de changement de superficie de l'habitat imputable au projet par rapport aux conditions de référence et pour donner tout à la fois l'orientation et l'intensité de l'impact. Les changements de superficie de l'habitat ont ensuite été utilisés avec des critères d'évaluation (voir ci-dessous) pour prévoir les impacts du projet sur le potentiel de biodiversité des habitats et dans le secteur local d'étude. Une évaluation qualitative des effets de la fragmentation sur le potentiel de biodiversité est également fournie. Les impacts sur les habitats associés à des activités humaines d'occupation du sol (potentiel de biodiversité négligeable) n'ont pas été évalués dans le cadre de cette étude (voir le volume C, section 5.3 [Occupation du sol]).

Les impacts ont été évalués pour la période de construction et d'opération et pour la phase de fermeture. On suppose que les impacts maximums se produiront durant la période de construction et d'opération, particulièrement durant la construction alors que la perte directe et l'altération des habitats seront les plus fortes. L'objectif des décisions à venir sera d'atténuer encore davantage les impacts sur les habitats naturels et la biodiversité; l'affinement du tracé du pipeline sera faite en collaboration entre l'ingénierie et l'environnement. Par conséquent, l'évaluation fournie ici est prudente (c.-à-d. que les impacts sont probablement surestimés).

Critères d'évaluation

Les impacts résiduels ont été déterminés selon un système de classification qui incorpore l'orientation, l'intensité, la portée géographique, la durée, la réversibilité et la fréquence de l'impact, tel que décrit dans le volume A (section 7.4). Les termes de classification des effets résiduels propres aux habitats et à la biodiversité sont définis au tableau 4.4-5. Une explication de la classification de l'intensité est fournie dans le volume B (section 4.4.4.2). La détermination des conséquences globales sur l'environnement s'appuie sur l'intensité, la portée géographique et la durée; ceci est décrit dans le volume A (section 7).

Tableau 4.4-5 Critères de description des impacts sur les habitats naturels et la biodiversité

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
neutre: aucun changement aux indicateurs de biodiversité **négative:** changement aux indicateurs de biodiversité	**négligeable:** aucun effet mesurable sur les indicateurs de biodiversité **faible:** <10% de changement des indicateurs de la biodiversité **moyenne:** 10 à 20% de changement des indicateurs de la biodiversité **forte:** >20% de changement des indicateurs de la biodiversité	**locale:** effet retreint au secteur local d'étude **régionale:** effet s'étendant au-delà du secteur local d'étude	**à court terme:** <3 ans **à moyen terme:** 3 à 30 ans **à long terme:** >30 ans	réversible ou irréversible	**faible:** se produit une fois **moyenne:** se produit par intermittence **élevée:** se produit en continu

Mesures d'atténuation

On suppose que plusieurs mesures d'atténuation contribueront à réduire l'intensité, la portée géographique et la durée des impacts directs du projet sur les habitats naturels et la biodiversité dans le secteur local d'étude du pipeline. De plus amples détails sur ces mesures d'atténuation sont fournis dans les sections de l'EIE qui traitent de la flore, de la faune et des ressources aquatiques (volume C, sections 4.1, 4.2 et 4.3). Les mesures d'atténuation comprennent les éléments suivants:

- l'évitement de la végétation de la forêt primaire par le passage du tracé du pipeline dans des aires perturbées existantes
- la revégétalisation et la réhabilitation, immédiatement après la construction, de toutes les aires défrichées qui sont adjacentes à des franchissements de cours d'eau
- la construction de ponts routiers temporaires dans les parties vulnérables du corridor forestier clé, à moins qu'il ne soit convenu de les laisser en place dans le cadre de la planification régionale
- le long de certaines sections du corridor forestier clé (entre les aires protégées), la stratégie de construction du pipeline sera adaptée de manière à permettre la repousse et le recouvrement par des arbres et des arbustes. Cette mesure a le potentiel d'accroître la biodiversité dans le corridor Mantadia-Zahamena
- l'ajustement des tracés des franchissements de cours d'eau afin d'éviter des incompatibilités avec des habitats importants ou sensibles de poissons et les utilisations locales de la ressource
- la réduction du nombre et de la durée des activités qui se déroulent dans les sites aquatiques
- la réhabilitation avec des espèces indigènes dans les aires désignées
- l'établissement rapide du couvert végétal prescrit suite à l'installation du pipeline
- effectuer un relevé géodésique du tracé du pipeline immédiatement avant d'entamer les travaux de construction afin de raffiner le tracé du pipeline et de minimiser les impacts sur la flore et les ressources aquatiques.

Dans la présente section, l'analyse se concentre sur le secteur local d'étude. Les impacts cumulatifs du projet dans son ensemble, et notamment les retombées positives des mesures de compensation relatives à la biodiversité, sont discutés au volume G, section 3.4.

Résultats

Il est prévu que la construction du pipeline et de l'infrastructure connexe altère de petites superficies de la forêt de transition, de la forêt primaire et dégradée du corridor Mantadia-Zahamenar, ainsi que des zones humides naturelles du secteur d'étude de Toamasina (tableau 4.4-6). Par rapport aux superficies de référence, moins de 4% de ces habitats dans le secteur local d'étude du pipeline seront perdus à cause du projet; la poursuite de l'affinement du tracé du pipeline pourrait réduire encore ce pourcentage. Aucune partie de la forêt azonale du corridor Mantadia-Zahamena ou de la forêt en bordure de marais associée à Torotorofotsy ne sera altérée.

D'autres habitats dégradés qui soutiennent moins d'espèces seront également altérés de façon marginale. Par exemple, la superficie des terres boisées et des plantations diminuera de 5%, tandis qu'il y aura une diminution de 0,9% des savanes arbustives/bosquets résiduels et une diminution de 2,6% de la matrice de tavy. Bien que la perte et la fragmentation de l'habitat puisse influer négativement sur les populations et les communautés (consulter le volume B, section 4.4 pour une discussion complète), il est prévu que la somme des perturbations du paysage imputables au pipeline et à l'infrastructure connexe soit marginale. De petits changements dans la superficie des habitats devraient correspondre à peu des changements minimes au niveau de la taille moyenne des îlots, de la connectivité et des effets de lisière. Ainsi, il n'est pas attendu que le projet engendre des effets mesurables sur les indicateurs de la biodiversité par rapport aux conditions de référence.

Impacts résiduels

Malgré les mesures d'atténuation, les activités liées au pipeline de pulpe entraîneront des changements négatifs mineurs sur les habitats naturels et la biodiversité. Bien que l'information de référence ait déterminé que le secteur local d'étude du pipeline de pulpe est actuellement perturbé à 94%, une portion du projet aura un effet sur la forêt primaire et dégradée du corridor Mantadia-Zahamena, ainsi que sur les zones humides naturelles du secteur de Toamasina.

L'analyse a indiqué que la fraction d'habitat convenable qui serait perdue en raison de l'empreinte au sol du projet correspond à 1,6% (23 ha) de la forêt primaire, 3,3% (5 ha) de la forêt de transition, 3,5% (54 ha) de la forêt primaire dégradée et 1,1% (5 ha) des zones humides. Suite aux changements négatifs relativement faibles de ces habitats clés, il est prévu que l'intensité de l'impact du projet sur les habitats naturels et la biodiversité soit faible durant la construction et l'opération (tableau 4.4-7). Il est prévu que le pipeline de pulpe ne causera qu'aucun changement de la forêt azonale ou de la forêt en bordure de marais.

Tableau 4.4-6 Changement de la superficie de chacune des classes de d'occupation du sol lié à l'aménagement complet du pipeline par rapport aux conditions de référence dans le secteur local d'étude

Classe d'occupation du sol	Superficie de référence (ha)	Superficie aménagée à l'aménagement complet du projet (ha)	Changement relatif (%)
habitats azonaux	81	81	0,0
forêt de transition azonale	36	36	0,0
forêt de transition	151	146	-3,3
forêt en bordure de marais	26	26	0,0
forêt primaire	1 403	1 380	-1,6
zones humides	406	401	-1,1
forêt primaire dégradée	1 537	1 483	-3,5
Zone défrichée / tavy	30 778	29 978	-2,6
terre boisée / plantation	693	659	-5,0
pâturage	308	306	-0,7
rizières	278	269	-3,3
savanes arbustives côtières	227	225	-0,9
eau	128	128	0,0
implantation humaine	120	123	0,0
cordon de dune littoral	70	68	-2,4
industrie	25	25	0,0
route	6	6	0,0
chemin de fer	2	2	0,0

Tableau 4.4-7 Classification de l'impact résiduel sur les habitats naturels et la biodiversité

Période du projet	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Quel impact le projet d'Ambatovy aura-t-il sur les habitats naturels et la biodiversité ?							
construction / opération	négative	faible	locale	à moyen terme	réversible	moyenne	faible
fermeture	négative	négligeable	locale	à moyen terme	réversible	moyenne	négligeable

Il est prévu que les impacts directs du projet aient une portée géographique locale. La zone tampon prévue pour le pipeline (1 km de chaque côté) doit contenir tous les impacts liés au projet (effets sur l'habitat et de fragmentation) qui sont liés à la zone de perturbation prévue de 25 à 100 m. Il est prévu que la construction du pipeline prendra deux ans, la fréquence de la perturbation sera donc moyenne. Il est prévu que les effets de perte d'habitat et de fragmentation consécutifs à la construction et à l'opération seront à moyen terme et réversibles. Le pipeline sera enfoui immédiatement et l'utilisation de la route d'inspection pour les activités liées au projet prendra fin à la fermeture.

Il est prévu que la réhabilitation réalisée en cours d'opération et lors de la fermeture renversera les impacts de manière à les rendre négligeables. Selon la végétation adjacente, la revégétalisation fournira vraisemblablement des habitats possédant une structure et une composition similaires à celles de la forêt primaire et dégradée existante, et elle fournira un habitat adapté aux plantes et aux animaux (bien que les changements mineurs dans les zones humides seront probablement irréversibles). Le niveau marginal de perturbation des habitats et les effets de fragmentation négligeables associés devraient permettre à l'écosystème de retrouver un état d'équilibre au cours de la phase d'opération. Il est prévu que la stabilité de l'écosystème augmentera encore au moment de la fermeture. La réhabilitation se produira de façon périodique (fréquence moyenne) et sa durée sera moyenne.

Si l'on tient compte de tous les critères, il est prévu que les conséquences sur l'environnement des impacts directs du projet sur les habitats naturels et la biodiversité soient faibles durant la construction et l'opération, et négligeables à la fermeture (tableau 4.4-7).

Niveau de confiance des prévisions

La confiance que l'on porte aux prévisions relatives à l'impact résiduel est liée : à l'adéquation des données de référence utilisées pour comprendre les conditions actuelles; à la compréhension des impacts liés au projet sur l'écosystème; et aux connaissances quant à l'efficacité des mesures d'atténuation. Les estimations des paramètres employés dans l'évaluation de la biodiversité actuelle dans le secteur d'étude du pipeline (c.-à-d. richesse en espèces, endémisme et statut de conservation) dépendaient de l'intensité et de la distribution de l'échantillonnage de référence, ainsi que des types de taxons échantillonnés. Compte tenu de la nature de la distribution et de l'intensité de l'échantillonnage (consulter le volume J; annexes 1.1, 2.1, 3.1), il est probable que toutes les espèces habitant dans le secteur d'étude n'aient pas été relevées. Cela n'est pas surprenant étant donné la somme d'effort qu'il faut déployer pour faire un inventaire détaillé des espèces tropicales, même dans un seul secteur (Lawton et al. 1998). Par ailleurs, le nombre d'espèces susceptibles d'être affectées est incertain. A cause de la

diminution marginale des habitats, un degré moyen d'incertitude existe en ce qui a trait à la capacité des espèces à absorber les changements liés au projet ainsi que leur persistance dans le temps.

Bien qu'il soit prévu que la perte marginale d'habitats primaires entraîne peu de changement au niveau de la taille moyenne des îlots, de la connectivité et des lisières de forêt, les effets de la fragmentation sont encore quelque peu imprévisibles (Debinski et Holt 2000; Fahrig 2003). Par conséquent, il y a également un degré moyen d'incertitude entourant la prévision de l'influence d'une variation environnementale à grande échelle et la réalisation concomitante du projet sur la stabilité et la résilience des populations et sur l'écosystème.

Il est considéré que l'arrêt des activités liées au pipeline et la réhabilitation concomitante de l'habitat renverseront les effets négatifs du projet (c.-à-d. il y aura stabilisation de l'écosystème). Les promoteurs du projet mettront à profit les enseignements tirés lors des essais de restauration de la forêt naturelle entrepris au site de la mine pendant les travaux d'exploration. La réhabilitation de la forêt dans les sections clés du corridor Mantadia-Zahamena se fera durant l'opération, dans le cadre de l'engagement du projet envers le rétablissement de la connectivité du corridor. Les événements stochastiques (par ex. incendie, sécheresse extrême ou ouragans) et les futures pratiques humaines d'occupation du sol (par ex. récolte, plantations, agriculture sur tavy) pourraient toutefois compromettre ou éliminer l'avantage potentiel des secteurs de réhabilitation. Le niveau de succès de la réhabilitation et donc le degré de réversibilité qu'il est possible d'atteindre seront testés par le biais d'essais d'application de réhabilitation; de plus, la participation continue aux efforts régionaux de conservation sera essentielle à la réussite à long terme. La réhabilitation pourrait produire une végétation similaire en structure et en composition à la forêt primaire et dégradée convenant à de nombreuses espèces végétales et animales; toutefois, l'établissement de zones humides viables sera difficile. L'engagement du projet à tenir des essais de régénération de la forêt primaire dans le cadre du projet régional de compensation carbone, contribuera à la compréhension de la biodiversité dans le corridor Mantadia-Zahamena.

Surveillance

Le programme de surveillance en matière de biodiversité sera celui mis en oeuvre pour les composantes de la biodiversité (flore, faune et poissons) et visera à assurer le maintien des habitats.

La surveillance de changements dans les processus et fonctions de l'écosystème se concentrera sur des variables abiotiques telles que la qualité de l'eau et l'hydrologie. Des placettes d'échantillonnage permanentes seront établies dans

des secteurs de réhabilitation (habitats à être réhabilites) et des habitats situés à diverses distances du pipeline dans la zone corridor afin d'observer les caractéristiques de l'habitat et d'espèces sélectionnées de flore et de faune (voir le volume C, section 7.1).

4.4.5 Conclusions

Le changement de disponibilité de l'habitat a été utilisé pour évaluer les impacts directs du projet sur les habitats naturels et la biodiversité. L'analyse a indiqué qu'il ne devrait y avoir aucun impact résiduel sur le complexe du marais de Torotorofotsy ou sur l'habitat azonal suite à l'application des mesures d'atténuation et des effets négligeables sur les espèces habitant les écotypes de forêt primaire et de zones humides. Il est prévu que les impacts résiduels durant la phase de construction et d'opération auront une intensité faible, que leur portée géographique sera locale et que leur durée sera moyenne (ou à moyen terme). Il est prévu qu'au moment de la fermeture, la poursuite de la réhabilitation et la cessation des activités causeront un renversement des impacts résiduels (sauf en ce qui concerne la perte de zones humides à proximité du secteur d'étude de Toamasina) jusqu'à l'atteinte d'une intensité d'impact négligeable. L'étendue des effets sera locale et de durée moyenne. Les essais de restauration de la forêt effectués par le projet apporteront une contribution positive, notamment à la compréhension de la biodiversité. Il est prévu que dans l'ensemble, les conséquences sur l'environnement de la composante du projet « pipeline » sur les habitats naturels et la biodiversité seront faibles durant la phase de construction et d'opération, et qu'elles seront négligeables à la fermeture.

Il y a une certaine probabilité que le projet aura des impacts négatifs mineurs sur les habitats naturels et la biodiversité qui leur est associée dans le secteur d'étude. Un programme de surveillance sera mis en œuvre dans le but de tester l'efficacité des mesures d'atténuation, et détecter les effets imprévus. Les données obtenues dans le cadre du programme de surveillance de la faune, de la flore et des habitats aquatiques feront office d'indicateurs de la biodiversité et fourniront un retour d'information direct, afin d'apporter les changements qui conviennent aux mesures d'atténuation, dans le cadre d'une gestion adaptative.

4.5 AIRES PROTEGEES

4.5.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets du pipeline de pulpe sur les aires protégées existantes et proposées. Conformément aux Termes de référence du projet Ambatovy, les impacts potentiels du pipeline de pulpe sur l'intégrité écologique et la durabilité économique (par ex., le tourisme) des aires protégées dans le secteur régional d'étude sont évalués.

4.5.2 Secteur d'étude

Pour les aires protégées, deux secteurs d'étude sont concernés : un secteur local d'étude (SLE) qui englobe la zone susceptible d'être touchée directement par le projet Ambatovy (le projet) et un secteur régional d'étude qui comprend la zone sujette aux effets indirects des populations qui viennent s'installer dans la région pour la construction du pipeline.

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe pour les aires protégées est le même que le secteur local d'étude terrestre présenté au volume A, section 7, figure 7.2-2. Il comprend les zones à l'intérieur d'une bande de 1 km de part et d'autre (2 km au total) du tracé proposé du pipeline. Le secteur régional d'étude du pipeline de pulpe comprend toutes les zones à moins de 100 km du tracé.

4.5.3 Résumé de l'étude de référence

Un site Ramsar, une aire protégée proposée et une aire protégée existante se trouvent à l'intérieur du secteur local d'étude du pipeline de pulpe. Ces aires sont illustrées au volume J, section 6.1, figure 6.1-2.

Le site Ramsar de Torotorofotsy contient le marais continental naturel le plus vaste et le plus intact de l'est de Madagascar. Les sites Ramsar ne sont pas protégés tant qu'une loi spécifique n'a pas été adoptée par l'Etat de Madagascar; cependant, les sites Ramsar sont des zones humides d'importance internationale reconnue qui ont été désignés en fonction de leur importance aux plans de l'écologie, la botanique, la zoologie, la limnologie ou l'hydrologie. On s'attend généralement, en vertu de la Convention Ramsar, à ce que les sites Ramsar reçoivent un statut de protection incorporant la notion « d'exploitation judicieuse » (Secrétariat Ramsar 2004). Le marais de Torotorofotsy est présentement utilisé pour l'écotourisme, la chasse et la récolte des plantes à petite échelle et (sur le périmètre du marais) la riziculture, la foresterie durable à petite échelle (plantations d'eucalyptus) et l'habitation humaine. Selon les conditions

de référence, 40 pour cent de la portion de ce site Ramsar cartographiée dans le cadre du présent projet a déjà été perturbé, soit par culture sur brûlis (tavy), soit par les plantations d'eucalyptus, soit par les rizières.

La zone de conservation proposée de Mantadia-Zahamena[1] ne jouit présentement d'aucun statut de protection mais est en instance d'être défini comme un « site de conservation » par le Gouvernement de Madagascar avec le concours d'autres parties intéressées. Les limites exactes et le statut de conservation de la zone n'ont pas encore été établies mais devraient l'être en 2006. L'aire protégée devrait prévoir des zones de protection de la biodiversité (75%) et des zones à usages multiples (25%).

Le Parc national de Mantadia est représentatif des forêts tropicales humides de l'est de Madagascar, caractérisées par de hauts niveaux de biodiversité et d'endémicité. Le Parc est renommé notamment pour ses espèces d'orchidées, les caractéristiques de son paysage telles ses chutes d'eau et sa forêt tropicale humide dense et sa richesse exceptionnelle en populations endémiques de grenouilles et reptiles. Le Parc national de Mantadia est relativement accessible aux touristes depuis Andasibe, la ville la plus proche du parc, et il leur offre des sentiers et sites de camping.

Les autres aires protégées proposées ou existantes à l'intérieur du secteur régional d'étude du pipeline de pulpe sont le Parc national de Zahamena, la Réserve spéciale d'Analamazaotra, la Réserve naturelle de Betampona, la Réserve spéciale de Mangerivola et la Forêt domaniale de Maromiza.

Plus de détails au sujet des aires protégées proposées et existantes dans le secteur local d'étude et le secteur régional d'étude de la mine sont présentés au volume J, section 6.1.

4.5.4 Portée des enjeux

Les aires protégées constituent à la fois une source de revenus touristiques et un moyen de préserver le patrimoine naturel de Madagascar. Les effets sur ces aires, tant existantes que proposées, doivent être considérés soigneusement et minimisés dans la mesure du possible, soit en choisissant les options

[1] Dans le nouvel arrêté 20-021, ratifié le 30 décembre 2005, le corridor porte la dénomination Akeniheny - Zahamena (CAZ). En outre, cet arrêté propose une série de nouvelles limites afin d'assurer la protection temporaire de la zone de conservation en création. Au cours de l'élaboration de cette EIE, ces informations n'étaient pas disponibles, et la présente étude reflète donc l'état des choses au milieu de l'année 2005.

d'emplacement et de tracé les plus appropriées, soit en appliquant des mesures d'atténuation efficaces.

Les effets potentiels suivants du pipeline de pulpe sur les aires protégés peuvent résulter des causes énoncées:

- altération directe de l'habitat dans une zone due à l'aménagement du projet
- morcellement de l'habitat dans une zone du à l'aménagement du projet
- impacts indirects dans une zone dus aux changements à la qualité de l'eau ou à sa quantité
- protection et gestion rehaussées des terres protégées par suite de l'appui financier du projet.

En ce qui a trait au pipeline de pulpe, les parties intéressées ont exprimé une préoccupation particulière envers l'effet du pipeline sur le site Ramsar de Torotorofotsy et sur le corridor forestier de Mantadia-Zahamena (volume A, section 6). Diverses options de rechange à ce tracé du pipeline ont été considérées, tel qu'abordé dans l'analyse des options de rechange (volume C, section 1). Le tracé passant par le site Ramsar finalement choisi tire parti d'un corridor de perturbation existante; il est considéré comme la meilleure option dans l'optique des effets sociaux et environnementaux et de l'ingénierie du pipeline.

Les liens entre les effets sur les aires protégées et les autres composantes du projet sont illustrés dans un diagramme de liens (volume H, annexe 9). La question clé pour les aires protégées est la suivante:

Question clé PR-1 Quels effets, directs et indirects, le pipeline de pulpe aura-t-il sur les aires protégées?

4.5.5 Evaluation des impacts

L'empreinte au sol du pipeline de pulpe empiète sur le site Ramsar de Torotorofotsy et sur le corridor forestier de Mantadia-Zahamena. En vertu de l'arrêté 20-021, un corridor de service pour la voie ferrée et le pipeline de pulpe ne recevra pas le statut de zone de conservation. Cependant, le pipeline pourrait morceler le site Ramsar de Torotorofotsy et le corridor forestier de Mantadia-Zahamena. De plus, des matières solides en suspension en provenance des aires perturbées pourraient affecter les cours d'eau près de la servitude du pipeline.

Le projet contribuera à la réhabilitation additionnelle (de la zone de forêt) de la servitude dans le site Ramsar de Torotorofotsy et dans le corridor forestier de Mantadia-Zahamena au moyen d'espèces indigènes appropriées et cherchera à contribuer aux plans de gestion du site Ramsar dans le cadre de la planification régionale le cas échéant.

4.5.5.1 Méthodes d'évaluation

L'évaluation des effets sur les aires protégées repose sur les éléments suivants :

- une analyse d'un point de vue physique de l'étendue des aires protégées du secteur local d'étude sur lesquelles l'empreinte au sol du pipeline de pulpe empiètera
- les résultats des études sur l'hydrologie et la qualité de l'eau; ceux-ci indiquent comment la sédimentation sera affectée dans le secteur local d'étude.

Un logiciel SIG (Système d'Information Géographique) a été utilisé pour faire l'analyse spatiale des impacts sur les aires protégées.

4.5.5.2 Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation présentés au tableau 4.5-1 ont été utilisés pour évaluer les impacts sur les aires protégées.

Tableau 4.5-1 Critères de description des impacts sur les aires protégées

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
positive : gestion améliorée des aires protégées **neutre :** aucun changement aux aires protégées **négative :** dégradation des aires protégées	**négligeable** : aucun effet mesurable **faible** : effets physiques sur 1% ou moins d'une aire protégée et/ou impacts indirects mineurs **moyenne** : effets physiques sur 10% ou moins d'une aire protégée et/ou impacts indirects moyens **forte** : effets physiques de 10% ou plus d'une aire protégée et/ou impacts indirects élevés	**locale** : effet restreint au secteur local d'étude **régionale** : effet s'étendant au-delà du secteur local d'étude dans le secteur régional d'étude **supra- régionale** : effet s'étendant au-delà du secteur régional d'étude	**court terme** : <3 ans **moyen terme** : 3 à 30 ans **long terme** : >30 ans	**réversible** ou **irréversible**	**faible** : se produit une fois **moyenne :** se produit de façon intermittente **élevée :** se produit en continu

4.5.5.3 Mesures d'atténuation

Le tracé du pipeline évitera le Parc national de Mantadia et traversera le corridor forestier de Mantadia-Zahamena seulement à un endroit qui a déjà été déboisé au travers du corridor de service ratifié par l'arrêté ministériel 20-01.

Le tracé du pipeline suivra une servitude existante déjà perturbée pour traverser le site Ramsar de Torotorofotsy. Des mesures de lutte contre l'érosion rigoureuses seront appliquées le long de ce tracé afin d'atténuer tout envasement des marais adjacents durant la période de construction.

Les plans de lutte contre l'érosion le long du tracé du pipeline et d'atténuation de l'envasement et des effets sur la qualité de l'eau sont abordés au volume C, section 3.6 (hydrologie) et au volume C, section 4.3 (Poissons et ressources aquatiques). Des mesures d'atténuation additionnelles seront élaborées avant la construction du pipeline par une équipe itinérante qui parcourra le tracé final du pipeline; ces mesures seront spécifiques aux sites et concerneront des ressources biologiques de grande valeur, dont celles présentes dans les aires protégées.

Le pipeline sera conçu et construit de manière à minimiser les risques de déversement accidentel. Des plans de contingence ont été élaborés pour atténuer les effets d'un déversement éventuel qui se produirait en cas extrême. Les mesures d'atténuation des risques naturels sont présentées dans le rapport portant sur les risques naturels associés au pipeline de pulpe, volume I, section 6.1.

Le projet contribuera à appuyer les initiatives des groupes de conservation visant à rétablir les espèces d'arbres appropriées dans le corridor forestier et sur le site Ramsar de Torotorofotsy Ramsar, le long de la servitude du pipeline de pulpe. Le projet participera aussi, le cas échéant, avec les groupes de conservation et les instances gouvernementales compétentes à l'élaboration d'un plan de gestion du site Ramsar.

4.5.5.4 Résultats

Impacts physiques

La zone devant être touchée directement par le pipeline de pulpe empiète sur le site Ramsar de Torotorofotsy. Bien qu'il ne s'agisse pas, par définition, d'une aire protégée, il est à prévoir que le Gouvernement de Madagascar et d'autres parties intéressées élaborent un plan de gestion pour cette zone qui en limitera l'utilisation. Les lignes directrices Ramsar insistent sur une exploitation judicieuse, c'est-à-dire une utilisation qui ne modifie pas en permanence les qualités biologiques du site. Le pipeline de pulpe touchera moins de 1% du site Ramsar (70 ha sur 9300 ha) et ces impacts seront réversibles.

Le pipeline de pulpe empruntera aussi une section non protégée du corridor de Mantadia-Zahamena. D'après les limites préliminaires de ce corridor, sur une superficie totale de 401 655 ha, le pipeline n'affectera que 15 ha, soit moins de 1%. Le pipeline traversera une partie du corridor projeté qui a été déboisée dans le passé de sorte qu'il n'entraînera aucune destruction de forêt primaire.

La servitude du pipeline a le potentiel de causer le morcellement tant du site Ramsar de Torotorofotsy que du corridor de Mantadia-Zahamena dont on planifie présentement le reboisement. Par conséquent, les mesures d'atténuation associées au pipeline de pulpe comprendront : le reboisement des corridors perturbés de ces deux sections de la servitude (km R 0+000 au km R 2+000 et km R 16+000 au km R 26+000) avec des espèces natives ou d'autres espèces adéquates pour l'occupation locale du sol; et la minimisation du corridor qui sera gardé ouvert dans les zones de perturbation existantes dans les deux cas. De plus, aucune route de service ne sera construite le long des sections reboisées de la servitude afin de réduire encore davantage les impacts. Une discussion aura lieu

avec les comités d'administration du site sur le possible intérêt ou non de conserver la route du pipeline au sein du site Ramsar.

Impacts sur l'eau

Durant la construction, les zones dénudées le long de la servitude seront sujettes à l'érosion et on s'attend à ce que se produise de la sédimentation dans les plans d'eau et cours d'eau voisins, bien que des mesures d'atténuation seront en place pour contrôler ces effets. Après la réhabilitation, on ne s'attend pas à ce que le pipeline de pulpe ait des effets négatifs sur les eaux de surface, les eaux souterraines et la qualité de l'eau qui pourraient affecter une aire protégée. Les mesures conçues pour minimiser les risques d'une rupture du pipeline qui affecterait les cours d'eau adjacents sont abordées dans le rapport sur les risques naturels associés au pipeline de pulpe, au volume I, annexe 6.1.

Impacts positifs

Des impacts positifs seront obtenus par la participation et l'appui apportés aux initiatives de conservation, tel que noté ci-dessus. Une discussion sera requise avec les comités administratifs pour le site concernant le possible intérêt de conserver le tracé du pipeline dans les limites du site Ramsar.

4.5.5.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Les impacts résiduels sur les aires protégées après l'application de mesures d'atténuation sont résumés au tableau 4.5-2.

Tableau 4.5-2 Effets potentiels et impacts résiduels sur les aires protégées

Phase du projet	Effets potentiels	Mesures d'atténuation	Impacts résiduels
construction	défrichement de la servitude érosion des sols exposés le long de la servitude et sédimentation	réhabilitation progressive lutte contre l'érosion; génie de stabilisation des pentes	modification physique de faible intensité et à court terme du site Ramsar de Torotorofotsy et du corridor de Mantadia-Zahamena modification de la qualité de l'eau de faible intensité et à court terme
opération	servitude défrichée érosion des sols exposés le long de la servitude et sédimentation	réhabilitation progressive lutte contre l'érosion; génie de stabilisation des pentes	modification physique de faible intensité et à moyen terme du site Ramsar de Torotorofotsy et du corridor de Mantadia-Zahamena modification de la qualité de l'eau de faible intensité et à moyen terme

Durant les phases de construction et d'opération du pipeline, moins de 1% du site Ramsar de Torotorofotsy et du corridor de Mantadia-Zahamena sera modifié et le corridor affecté longera du secteur de perturbation existant du chemin de fer ou traversera d'autres zones déjà défrichées. Ces effets seront de faible intensité et à moyen terme. La modification du sol surviendra de façon intermittente et selon une fréquence considérée moyenne. Cet effet est réversible et le niveau de conséquence sur l'environnement est faible.

Le tracé du pipeline de pulpe ne devrait pas entraîner un important morcellement du site Ramsar de Torotorofotsy et du corridor de Mantadia-Zahamena parce que le corridor de perturbation sera relativement étroit et réhabilité après la construction. Cependant, la question du morcellement est abordée en détail dans la section sur la biodiversité (volume C, section 4.4).

Durant la construction et le début de l'opération, le taux d'érosion de la servitude du pipeline sera augmenté avec augmentation probable de la sédimentation dans les plans d'eau et cours d'eau environnants. Toutefois, ces effets seront atténués et ne devraient être qu'un problème très mineur après la réhabilitation. Durant la construction et l'opération, l'intensité de l'impact de la sédimentation est estimé de façon conservatrice comme faible. L'effet sera local en termes de portée géographique, de moyen terme en durée et se traduira en un faible niveau de conséquence sur l'environnement.

Les autres aires protégées du secteur régional d'étude ne seront pas touchées négativement par le pipeline de pulpe. Par suite de l'atténuation des effets, le potentiel touristique et la durabilité économique des aires protégées ne seront pas réduits.

Tableau 4.5-3 Classification des impacts résiduels sur les aires protégées

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
enjeu : défrichement ou morcellement des terres protégées							
construction et opération	négative	faible	locale	moyen terme	oui	moyenne	faible
enjeu : changements à la qualité et à la quantité de l'eau							
construction et opération	négative	faible	locale	moyen terme	oui	moyenne	faible
enjeu : impacts indirects de l'appui à la gestion du site Ramsar							
opération	positive[(a)]	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

[(a)] la classification des impacts n'est pas applicable aux impacts positifs.

n/a = ne s'applique pas.

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions pour cette évaluation est de moyen à élevé. Les incertitudes sont associées à l'efficacité des mesures d'atténuation à contrôler l'érosion et les matières solides en suspension, à l'efficacité de la revégétalisation des sections clés de la servitude avec des espèces indigènes et au degré auquel les aires seront affectées par le morcellement à court terme.

4.5.5.6 Surveillance

Durant la construction, les mesures de lutte contre l'érosion seront maintenues et surveillées afin de minimiser les problèmes de sédimentation en aval. La communauté végétale (composante clé du système écologique) sera surveillée tel qu'indiqué aux volumes B et C, section 4.1.

4.5.6 Conclusions

Un niveau faible de conséquences sur l'environnement surviendra au site Ramsar de Torotorofotsy et dans le corridor foresterie de Mantadia-Zahamena durant les phases de construction et d'opération à cause du défrichement du terrain et du risque accru de sédimentation dans les plans d'eau et les cours d'eau.

Les impacts suivant la fermeture devraient avoir un niveau de conséquences négligeable et être pleinement atténuées par la réhabilitation.

Des impacts positifs sont attendus par la participation du projet à des mesures de conservation des sections clés du corridor de Mantadia-Zahamena et du site Ramsar de Torotorofotsy.

Les impacts résultant de l'aménagement du pipeline de pulpe ne devraient pas avoir d'effets négatifs sur le potentiel touristique des aires protégées dans le secteur régional d'étude.

5.1 ASPECTS SOCIO-ECONOMIQUES

5.1.1 Introduction

Le travail de terrain, incluant les séances de consultation publique, la collecte de données et la révision des données secondaires, a été entrepris pour deux options de rechange, au moment où elles étaient encore considérées comme des options – un tracé le long du chemin de fer vers Brickaville et un tracé plus direct à travers la campagne. Tel que noté dans le volume C (section 1), un autre tracé est proposé et un amendement à l'étude d'impact environnemental sera soumis.

La présente section évalue les impacts potentiels qui reflètent les préoccupations des populations entre Moramanga et Toamasina. Il a été noté que, peu importe l'alignement final du tracé choisi, celui-ci traversera la campagne, affectant les populations rurales et éloignées; ce tracé aura les caractéristiques et le potentiel d'avoir des effets qui seront en général semblables à ceux décrits dans l'étude de référence pour le pipeline (volume K, annexe 1,1) et dans la présente évaluation d'impact.

D'après l'évaluation d'impact, les communes suivantes seront affectées par le pipeline: Andasibe, Ambatovola, Andekaleka, Lahariandava, Fanasana, Fetraomby, Vohitranivona, Ambalarondra, Ambinaninony, Ampasimadinika, Fanadrana et Toamasina II. En fonction du choix final du tracé du pipeline, il est probable que la plupart des communes se trouveront toujours le long du tracé. L'étendue de ces communes est très vaste par rapport au tracé potentiel du pipeline. Ainsi, les effets potentiels du pipeline seront assez limités. En fait, ce sont surtout les communautés situées le long du tracé définitif qui en subiront les effets.

Les petites communautés situées le long du tracé du pipeline seront affectées par le pipeline principalement durant la phase de construction, puisqu'il sera enfoui et que le terrain réhabilité sera de nouveau disponible pour la plupart des usages économiques par la suite. La construction du pipeline sera effectuée rapidement, il n'y aura pas de besoins en personnel pour l'opération du pipeline et l'entretien sera minime, donc, peu d'effets sont attendus des emplois ou des activités commerciales. La construction pourrait avoir des effets sur le milieu naturel qui, à son tour, pourrait avoir des conséquences socio-économiques temporaires et perturber le déplacement des gens et des animaux.

Les principaux effets du pipeline, à long terme, découlent de la construction des routes permanentes d'accès au pipeline le long de son tracé. Ces routes seront construites afin de faciliter la surveillance et l'entretien du pipeline. Dans l'évaluation qui suit, la construction des routes d'accès – ainsi que des effets potentiels qui en découlent – est traitée dans la sous-section portant sur l'infrastructure.

5.1.2 Evaluation des impacts

5.1.2.1 Opportunités économiques

Les conclusions des consultations publiques indiquent que les opportunités économiques générées par le pipeline, de même que par les autres sites du projet, sont d'un très grand intérêt pour les populations. Il est dans la politique du projet de maximiser l'embauche et les achats locaux et de fournir de la formation. La construction et l'opération du pipeline, lorsque comparée aux autres secteurs du projet, exige moins de personnel et d'emplois à court terme. Les mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives sont résumées au tableau 5.1.

Emploi

L'embauche de nombreux travailleurs requis pour la construction, à partir des communautés situées le long du tracé du pipeline pose des défis, tout comme dans d'autres secteurs de l'économie rurale de Madagascar. L'éloignement des communautés situées le long du tracé du pipeline signifie que l'expérience et le niveau de scolarisation y sont inférieurs aux autres régions susceptibles d'être affectées par le projet. La construction du pipeline requiert certaines compétences et pose des exigences en santé-sécurité qui rendent difficile l'embauche de personnes peu scolarisées. De plus, la courte durée de la présence d'équipes de construction le long d'un segment quelconque du pipeline et l'échéancier serré limitent les occasions de formation des populations locales.

Les besoins en main-d'œuvre durant la construction du pipeline seront d'environ 800 personnes, dont environ 345 seraient d'origine locale. L'embauche de personnel local se ferait principalement pour les activités de construction et de réhabilitation.

Les besoins en main-d'œuvre pour l'opération du pipeline sont restreints et sur une base occasionnelle. La surveillance de l'intégrité du pipeline pourrait être requise à intervalles irréguliers, par exemple à la suite de phénomènes météorologiques extrêmes ou pour de la maintenance préventive.

Les impacts potentiels de la création d'emplois, dans son ensemble, sont considérés de faible intensité, positifs, à court terme et de faible conséquence. Toutefois, l'impact sur les individus et les familles qui pourront bénéficier directement d'un emploi sera de conséquence élevée.

Commerce

L'éloignement et la nature rurale de l'économie locale le long du tracé du pipeline portent à croire que tout bénéfice commercial serait minime. Alors que des bases vie de chantier temporaires pourraient offrir, dans une certaine mesure, un soutien aux commerces locaux pour les besoins quotidiens des travailleurs, pratiquement toutes les fournitures de construction, les bases vie et la nourriture proviendraient d'ailleurs.

Tableau 5.1-1 Mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives

Pipeline	
Impact	**Mesures d'atténuation d'impact et de maximisation des retombées positives**
Possibilité d'emploi limité.	Une section de l'Initiative de développement des ressources locales (IDRL) traite des modalités d'identification des salariés potentiels.
Infrastructures d'accès accrues pour la population locale.	En instance de négociations avec les communautés et les autorités régionales de planification, les routes d'accès au pipeline pourraient être utilisées par les populations locales.
Amélioration du bien-être associé à des occasions d'emploi limitées et à la création de routes d'accès.	IRDL et routes d'accès. Aucune mesure d'atténuation supplémentaire n'est requise.
Ménages et ressources de subsistance affectés par les besoins en terrain du pipeline.	L'alignement détaillé du pipeline évitera les villages, les ménages individuels et les terres agricoles dans la mesure du possible. Là où ce ne sera pas possible, des compensations seront accordées - ou à la limite une réinstallation sera compensée -- en proportion de la perte de ressources de subsistance.
Perturbations aux terrains, causées par la construction, et les effets d'érosion sur les ressources de subsistance terrestres ou aquatiques.	Des mesures de lutte contre l'érosion seront implantées parallèlement à un effort de revégétalisation. Si les ressources de subsistance devaient être affectées, des compensations correspondant à la perte encourue seront accordées.
Perturbations causées aux routes de transport terrestre et aquatique.	Présence de routes alternatives pour les personnes, les animaux et les bateaux. Les impacts durant la phase d'opération seront négligeables car le pipeline sera enfoui.
Autres perturbations associées à la construction, incluant le bruit, la poussière, les changements à la qualité de l'air, etc.	Entretien des équipements et pratiques opérationnelles.
Présence temporaire d'ouvriers de la construction non locaux, effets sur la santé et la sécurité publiques et potentiel de conflits sociaux.	Des dispositions seront prises pour fournir directement tous les services d'alimentation, de logement ainsi que les services médiaux et autres à la main-d'œuvre non locale. La gestion de la main-d'œuvre comprendra de la formation interculturelle et l'application stricte de codes de conduite.
Restrictions sur l'occupation du sol le long de l'emprise.	Des compensations, en fonction de la valeur des ressources de subsistance perdues pour la durée de temps de la perte, seront négociées avec les occupants du sol.
Effets reliés à tout risque d'accident, réel ou perçu, associé au pipeline.	Sensibilisation du public sur les risques réels et les plans d'intervention d'urgence.
Effets négatifs d'un accès accru, incluant la migration et les pressions sur les ressources de subsistance, etc.	Aucune mesure d'atténuation pratique. La route d'accès devrait avoir pour effet général des résultats positifs sur les moyens de subsistance le long du tracé du pipeline. Une consultation publique continue et des mécanismes d'enregistrement des plaintes peuvent capter tout effet particulièrement négatif attribuable au projet afin de permettre une gestion adaptative.

Les impacts potentiels sur le commerce sont considérés d'intensité faible, positive, à court terme et de conséquence négligeable quoique les commerces individuels puissent tirer des bénéfices de faible conséquence.

Economie locale

Au vu des maigres perspectives d'emploi et du peu de bénéfices commerciaux sur une courte période de temps, les attentes d'effets indirects et induits sur l'économie locale sont faibles. Les emplois à court terme peuvent fournir un apport monétaire hautement apprécié aux individus, mais cela ne peut soutenir la demande pour les biens et les services qui seraient nécessaires pour stimuler l'économie locale.

Les dépenses prévues pour le projet devant être minimes, l'impact sur l'économie locale est considéré d'intensité et de conséquence négligeables.

Education et formation

La construction du pipeline fournira moins d'occasions de formation que les autres composantes du projet, bien que certains salariés puissent bénéficier d'expériences pratiques. Les activités de réhabilitation représentent un plus grand potentiel de formation et d'expérience pratique de travail en vue d'un bénéfice à long terme, tout comme la participation des gens du lieu aux travaux d'entretien. Toutefois, la nature occasionnelle et/ou à court terme d'un tel travail suggère que ces bénéfices demeureront aussi très limités.

Les impacts potentiels de l'éducation et de la formation de la main-d'œuvre et des commerces sont considérés être de faible intensité, positifs, à long terme et de faible conséquence, bien que les individus qui peuvent avoir accès à l'éducation verront une conséquence moyenne.

Accroissement du revenu

L'accroissement du revenu est généralement associé à une amélioration du statut socio-économique des individus et des ménages. La nature de la construction et de l'opération du pipeline suggère toutefois qu'au lieu d'un accroissement de leur revenu, les individus qui ont accès aux emplois bénéficieront, essentiellement, d'entrées de fond occasionnelles et/ou intermittentes. Alors que de telles entrées de fonds peuvent être importantes pour obtenir un certain niveau de sécurité économique à court terme, elles ne représentent pas un accroissement soutenu du revenu.

Les impacts potentiels d'une augmentation du revenu sont considérés être de faible intensité, positifs, à court terme et de faible conséquence, toutefois, pour les individus et leur famille qui pourront en profiter, ces impacts potentiels seront de conséquence moyenne.

Autres effets économiques

Pour les mêmes raisons que celles citées plus haut (c.-à-d. les opportunités économiques limitées du pipeline de pulpe et l'effet résultant minime sur l'économie locale), d'autres effets économiques caractéristiques des grands projets ne se produiront probablement pas le long du tracé du pipeline. Le promoteur mettra en place ses politiques de recrutement le long du pipeline ainsi que des mesures de dissuasion à la migration interne, même si les chances que cette migration interne se produise sont faibles en raison du travail de nature temporaire s'effectuant dans des endroits difficiles d'accès. L'inflation, les inégalités de distribution du revenu, l'augmentation du budget des administrations décentralisées et d'autres effets semblables ne sont pas anticipés. Bien que la région en général puisse avoir une certaine activité touristique, et bénéficier par exemple d'un meilleur service de train entre Antananarivo et Brickaville et de l'activité dans le corridor forestier Mantadia-Zahamena, à l'extrémité du pipeline proche du site de la mine, il y a présentement peu d'activités susceptibles d'être affectées ; de plus, une fois construit, le pipeline ne devrait pas être visible.

D'autres bénéfices économiques, qu'ils soient positifs ou négatifs, sont considérés être de conséquence négligeable.

5.1.2.2 Accès aux ressources naturelles

Occupation du sol

Les ressources culturelles et l'occupation du sol ont été cartographiées le long du tracé du pipeline de pulpe (volume, H annexe 11) ; ces informations seront vérifiées lors de relevés précédant la construction. La construction du pipeline occupera un corridor d'environ 50 m de large sur une longueur approximative de 195 km, soit un secteur perturbé, durant la construction, d'environ 10 km^2. Alors qu'une grande portion de ce terrain sera réhabilitée pour retrouver l'occupation du sol pré-construction, toute décision concernant le tracé permanent des routes causera une modification permanente de l'occupation du sol.

L'alignement du pipeline a été choisi afin d'éviter les villages, les résidences et les terres agricoles dans la mesure du possible. Là où cela sera impossible, des compensations seront accordées en attendant que le terrain soit réhabilité et

retrouve son occupation originale ; une réinstallation sera effectuée, si nécessaire, le tout afin de s'assurer que les gens ne subissent aucune perte de leurs ressources de subsistance (voir le plan de réinstallation). La seule exception potentielle affectant la réhabilitation d'un terrain et le retour à l'occupation du sol actuelle concerne la profondeur d'enfouissement du pipeline, qui pourrait empêcher de planter des arbres à racines profondes (cette exception ne concernerait pas les arbres à racines peu profondes tels que les bananiers). Les compensations tiendront donc compte de la perte à long terme de gros arbres.

Il est toutefois noté que le tracé du pipeline peut aussi être influencé par les décisions des gens potentiellement affectés et leurs gouvernement et administrations décentralisées en ce qui concerne l'emplacement des routes. La majorité des gens pourrait préférer que les routes, qui seront en général adjacentes au pipeline, passent le plus près possibles des communautés.

L'impact potentiel du pipeline sur les ressources foncières est négatif, de faible intensité et de faible conséquence; cependant, certaines personnes pourraient en bénéficier, compte tenu des compensations équitables pour les pertes économiques et perturbations.

Eau

Les habitants des bassins versants traversés par le pipeline de pulpe dépendent de l'eau de la rivière pour l'agriculture, l'eau de boisson, l'abreuvage du bétail, les usages domestiques et le transport. Une partie du tracé du pipeline suit les cours d'eau car le transport de la pulpe se fait par gravité.

Les activités de construction ont le potentiel d'affecter la qualité de l'eau, en particulier par érosion. De tels effets seront minimisés par l'application de mesures de lutte contre l'érosion et seront de court terme; ils pourraient cependant représenter une nuisance pour les usagers de l'eau.

Les impacts sur la qualité et le débit des ressources en eau sont considérés négatifs, de faible intensité, à court terme et de faible conséquence.

Ressources biologiques

L'installation du pipeline pourrait soustraire un secteur très limité de ressources forestières, vers l'extrémité qui est du côté du site de la mine. Le rétablissement de la forêt prendra évidemment plus de temps que la réhabilitation d'une terre agricole et/ou d'un pâturage. Etant donné que les besoins en terrain pour le pipeline seront le long d'un corridor étroit, on ne s'attend pas à ce que la

disponibilité d'une autre forêt à proximité ou d'autres ressources biologiques soit un problème, du point de vue de la subsistance.

Les impacts sur les ressources biologiques sont considérés négatifs, de faible intensité, de court à moyen terme mais, globalement, de conséquence négligeable si l'on tient compte des intentions de compenser tout impact avéré.

5.1.2.3 Services sociaux, services physiques et infrastructures

La construction du pipeline n'a pas d'effets prévus sur les services sociaux, services physiques et les infrastructures, effets souvent caractéristiques des grands projets. Une perturbation à court terme des routes de transport et de déplacement, que ce soit sur l'eau ou sur terre, pourrait survenir (les gens pourraient être temporairement empêchés d'amener les animaux aux pâturages, par exemple), mais les séances de consultation publique permettront de planifier à l'avance toute activité de construction perturbatrice et la fourniture d'alternatives de déplacement et de transport atténueront ces effets. Les effets, à cet égard, sont négatifs, de faible intensité, à court terme. Ils sont donc prévus être de faible conséquence.

Il existe toutefois une exception à ce qui a été énoncé plus haut. Pour construire le pipeline, il faudra construire des routes d'accès, surtout par la mise à niveau des chemins existants. Il existe plusieurs options pour le tracé de ces routes, pour leur conception en fonction de leur durée de vie prévue ainsi que pour leur entretien, prenant en compte les besoins du projet, mais aussi, potentiellement, le besoin des populations locales d'avoir une route permanente.

Les séances de consultation montrent que les gens tiennent beaucoup à avoir des routes dans les communes moins accessibles entre Moramanga et Toamasina (volume A, section 6). De plus, les études de référence démontrent que les populations éloignées ont un mauvais état de santé, sont peu éduquées et ne peuvent vendre leurs surplus agricoles (qui sont souvent laissés à pourrir dans les champs), ce qui réduit encore plus le niveau de bien-être économique (annexe 1.1 du volume K). Des routes d'accès et des services de transport fournis soit par l'Etat, soit par l'entreprise privée, aideraient grandement à réduire des contraintes socio-économiques aussi fondamentales.

La construction de routes d'accès représente toutefois un grand projet en soi, ayant le potentiel de générer de nombreux impacts positifs et négatifs que la seule construction du pipeline ne saurait générer. Ainsi, alors que la construction du pipeline n'aura probablement pas d'effets au-delà de son étroite empreinte, la construction des routes d'accès a le potentiel d'affecter les populations sur une bien plus grande étendue géographique car les personnes demeurant à une

certaine distance des routes pourront quand même les utiliser. De tels impacts sont en général difficiles à prévoir et c'est d'autant plus le cas que le choix du tracé du pipeline n'est pas final. Les effets génériques potentiels sont toutefois décrits ci-après.

Retombées économiques

Alors que la construction du pipeline n'induira probablement pas une croissance économique, une route aurait le potentiel de le faire. Alors que la construction de la route demandera sans doute de grands investissements afin de respecter les échéanciers, son entretien s'organise localement de manière adéquate, pourra demander plus de main-d'œuvre et ainsi représenter une source de revenus monétaires. Les routes créeront des voies d'accès pour les migrants et, bien que la migration puisse représenter une menace pour les ressources naturelles, elle peut aussi être un stimulant économique, en fonction du nombre de migrants, de leurs compétences et de leur statut familial. L'accroissement des revenus pourraient provenir de la mise en marché de cultures (les gens dans les groupes de discussion ont témoigné avoir eu de bons rendements agricoles mais peu de moyens de traduire le surplus de production en un gain économique). Tous ces effets potentiels accroîtront la demande et, avec le temps, l'offre devra être organisée pour satisfaire à cette nouvelle demande. Une demande accrue est bien sûre inflationniste mais, tel que noté antérieurement, la situation devrait s'équilibrer avec le temps. Cela ne signifie pas que les routes d'accès résoudront les défis de la pauvreté dans ces communes éloignées, entre Moramanga et Toamasina, mais seulement qu'elles pourraient alléger quelques-unes des contraintes actuelles.

Effets sur les ressources naturelles

La menace principale est la migration, à la fois de gens qui cherchent des terres agricoles et des gens qui déménageront dans le secteur pour l'exploitation commerciale des ressources biologiques. L'intention du promoteur serait de ne pas construire de routes d'accès permanentes dans les régions boisées qui sont présentement protégées ou dont la protection est projetée (par exemple là où le pipeline traversera le corridor forestier Mantidia-Zahamena entre deux parcs nationaux). Le promoteur a cependant l'intention de surveiller l'utilisation de tout accès temporaire afin de déceler les problèmes émergents. Toutefois, ailleurs le long du tracé du pipeline, il pourrait y avoir une demande accrue pour des terres et des ressources biologiques, selon ce qui est présent dans un secteur donné et qui pourrait y migrer.

Effets sur les services sociaux, services physiques et sur les infrastructures

L'augmentation de la population et l'accès accru des populations actuelles aux infrastructures et services existants implique une demande croissante que les administrations décentralisées des communes auraient de la difficulté à satisfaire. Un accès accru aux infrastructures et aux services existants représente aussi un bénéfice significatif – en autant que la demande puisse être satisfaite – pour les populations qui peuvent utiliser la route.

Bien-être

Les interactions potentielles de la croissance économique, de revenus accrus, de la migration, des pressions sur les ressources naturelles, de l'amélioration de l'accès aux services sociaux, aux services physiques et aux infrastructures non seulement pour les populations le long du corridor du pipeline mais aussi pour les communautés plus éloignées, auront probablement des effets positifs et négatifs ; de plus, elles affecteront de manière différente les sous-groupes de population et les individus. Les menaces pour la santé et la sécurité publique, en raison de l'accroissement du trafic, de la migration et de l'augmentation d'autres contacts avec le monde extérieur, soulèvent quelques inquiétudes.

Etant donné les points cités plus haut et le fait que la construction et l'opération du pipeline ne doivent avoir des effets qu'à court terme et pleinement atténuables, le promoteur du projet considère que le fait de construire des routes d'accès, en vue qu'elles soient permanentes, constitue un bénéfice important du projet pour les populations, dont une partie seulement pourrait de façon réaliste s'attendre à voir un effet quelconque du projet. Tout effet négatif inattendu sera traité par la surveillance et la consultation publique. Le projet participera aux initiatives de planification régionales afin d'aider à résoudre toutes les préoccupations et d'étudier comment générer des bénéfices additionnels pour les communes éloignées.

Etant donné la demande des populations éloignées pour une telle infrastructure et le fait que la route soit construite aux frais du projet plutôt qu'aux frais de l'Etat, l'effet net est considéré être d'intensité forte, globalement positif et de conséquence élevée.

5.1.2.4 Bien-être

Le niveau de bien-être est associé à : une augmentation des opportunités économiques, à la santé et à la sécurité publique, aux perturbations durant la

phase de construction, aux changements socio-économiques et culturels, à la disponibilité et à l'accès aux nécessités de la vie.

En tenant compte des effets limités et à court terme prévus de la construction et de l'opération du pipeline, les principaux enjeux sur le bien-être ont trait au potentiel de transmission du VIH/SIDA et à tout risque associé à une défaillance du pipeline durant son opération. Les habitudes de vie quotidiennes pourraient être perturbées temporairement en raison de la présence de bases vie temporaires, mais ces bases vie pourraient être situées dans des endroits qui minimiseraient de telles perturbations. Il existe un certain potentiel d'effets du bruit et des effets sur la qualité de l'air et de l'eau, mais ces effets ne se feront sentir qu'à court terme et seront de faible intensité en raison des mesures d'atténuation. Cela ne représentera pas de menace pour la santé publique en général. L'augmentation de trafic causée par le projet présente un certain potentiel d'accidents additionnels (volume C, section 5.5).

Tout comme aux autres sites du projet, le promoteur adoptera un code de bonnes pratiques afin de gérer le comportement des travailleurs demeurant dans les bases vie à proximité des communautés rurales et visant à limiter le potentiel de contact entre les travailleurs et la population locale. Il est particulièrement critique de porter attention au potentiel d'accroissement de l'incidence du VIH/SIDA ; cela comprendra non seulement des efforts pour contrôler les comportements et s'attaquer à la question du VIH/SIDA auprès des travailleurs, mais comprendra aussi un volet éducation publique dynamique. Au niveau d'un individu, la conséquence de la transmission du VIH/SIDA serait élevée.

Les risques de bris du pipeline sont extrêmement faibles en raison des soins apportés lors de la conception, de l'opération et de l'entretien du pipeline. Néanmoins, tout risque avéré pourrait avoir des conséquences sévères. Le promoteur mettra en place un programme d'éducation du public et un plan d'intervention d'urgence afin de parer aux conséquences. Il est aussi noté que l'éducation du public pourrait contribuer à la sécurité du pipeline si, en effet, les gens comprennent que le contenu du pipeline ne comporte pas de valeur réelle et que d'ouvrir une brèche dans le pipeline ne rapporterait rien.

Quelle que soit la rigueur avec laquelle le promoteur implantera et appliquera un programme de meilleures pratiques relatives à la gestion des travailleurs, aux procédures opérationnelles, au trafic, à la santé et à la sécurité, à l'éducation du public, à la santé publique et autres meilleures pratiques pertinentes, certains risques à la santé publique et à la sécurité demeureront. Etant donné que l'impact au niveau individuel pourrait être élevé advenant la survenue de tout risque, tel qu'un bris du pipeline, tout effet doit être considéré à long terme et de conséquence moyenne.

5.1.2.5 Fermeture

Pour ce qui est du pipeline, les activités initiales de fermeture auront lieu immédiatement après la phase construction, lors de la réhabilitation des surfaces perturbées. Cela offrira, en fait, le plus de potentiel d'emploi régulier, bien que souvent à temps partiel, pour les populations locales, à différents moments et en fonction des besoins de réhabilitation dans les divers secteurs du pipeline. Lors de la fermeture du projet, le pipeline ne sera plus utilisé mais il n'y aura pas d'infrastructure de surface à enlever et il y aura de faible perte d'emplois liés à l'opération du pipeline.

La fermeture du pipeline signifiera aussi que l'entretien des routes d'accès cessera et que le terrain occupé par les routes sera retourné à son état initial à moins que les autorités locales et régionales ne veuillent garder les routes, auquel cas les autorités devront se charger de l'entretien des routes.

La fermeture du pipeline aura un impact négatif de conséquence négligeable, sauf en ce qui concerne les activités de réhabilitation appliquées après la construction, qui seront bénéfiques.

5.1.3 Résumé

Les impacts socio-économiques du pipeline sont résumés dans la matrice des impacts socio-économiques au tableau 5.2. Le tableau comprend une évaluation des impacts potentiels avant et après l'application des mesures d'atténuation proposées ; il présente en outre divers scénarios pour certains impacts qui pourraient éventuellement être considérés soit positifs ou négatifs.

On s'attend à ce que le pipeline entraîne quelques retombées économiques pour les communautés le long du tracé mais il n'y aura aucune retombée économique pour les communes plus éloignées. Toutefois, la construction des routes d'accès a le potentiel d'améliorer considérablement et sur de vastes secteurs la vie des gens qui doivent présentement voyager durant de longues heures pour atteindre une route. Les effets négatifs sont généralement minimes et à court terme.

Tableau 5.1-2 Matrice des impacts du pipeline de pulpe

Pipeline de pulpe								
Aspect	**Impact résiduel**	**Portée géographique**	**Phase (durée)**	**Avant l'application des mesures d'atténuation**		**Mesures d'atténuation**	**Après l'application des mesures d'atténuation**	
				Orientation	**Conséquence (incluant l'intensité)**		**Orientation**	**Conséquence (incluant l'intensité)**
Opportunités économiques								
emploi local	potentiel d'emploi limité et à très court terme durant la construction et emploi occasionnel durant l'opération du pipeline	tracé du pipeline	construction, opération	positive	négligeable en l'absence de systèmes préférentiels d''embauche locale	programmes préférentiels de formation et d'embauche locale pour la phase d'opération	positive	**élevée** pour les individus qui peuvent avoir accès aux emplois reliés au projet ; de négligeable à faible pour les communautés en raison du petit nombre et du type d'emplois par rapport aux effectifs de la population
achats de biens et de services locaux	accroissement des activités commerciales reliées aux contrats d'approvisionnement du projet	tracé du pipeline	construction	positive	négligeable en l'absence de systèmes préférentiels	achats locaux préférentiels	positive	**faible** pour les individus qui possèdent ou travaillent dans des commerces pouvant bénéficier des opportunités générées par le projet
croissance économique indirecte et induite et diversification économique	potentiel d'emplois indirects et induits et les retombées économiques associées	tracé du pipeline	construction	positive	négligeable en l'absence de systèmes préférentiels	Embauche et achats préférentiels	positive	**faible** car il n'y aura qu'une présence à court terme dans les communautés le long du tracé du pipeline durant la construction du projet
renforcement des compétences de la main-d'œuvre	expérience de travail ; formation de travail limitée pour les travailleurs; expérience qui peut être appliquée à des emplois reliés au projet et au reste de l'économie	tracé du pipeline	opération	positive	négligeable en l'absence de systèmes préférentiels	Emploi et programmes de formation préférentiels	positive	**élevée** pour les individus et faible en ce qui concerne les effets pour les communautés
augmentation du revenu individuel	augmentation des occasions d'emploi	individuelle	construction, opération	positive	élevée pour les individus affectés	Emploi, achats et programmes de formation préférentiels	positive	**élevée** pour les individus affectés
migration	immigration interne	tracé du pipeline	construction, opération	négative	négligeable en raison de la nature à court terme des activités de construction et le peu d'activités d'opération	embauche locale préférentielle campagne d'information publique dynamique à propos des procédures d'embauche	négative	**négligeable** ; voir toutefois la référence aux mesures d'atténuation dans la section sur l'infrastructure, plus bas
Ressources naturelles								
disponibilité des ressources foncières	changements dans l'occupation du sol	tracé du pipeline	construction, opération	négative	faible durant la construction et négligeable durant l'opération en raison de la petite quantité de terrains requis	évitement des villages, des résidences et des terres agricoles Compensation lorsque le contournement n'est pas possible	négative	**négligeable**, certaines personnes pourraient en bénéficier, en raison des Compensations
effets sur les ressources en eau	réduction de la qualité de l'eau pour la consommation par les humains et pour l'agriculture résultant des effets environnementaux potentiels	tracé du pipeline	construction	négative	moyenne et à très court terme	mesures d'atténuation à la source pour les effets potentiels sur la qualité de l'eau, générés par la construction,	négative	**faible**
effets sur la disponibilité des ressources biologiques	réduction de la quantité et de la qualité des ressources biologiques utilisées pour les besoins de subsistance	tracé du pipeline	construction, opération	négative	faible durant la construction et négligeable durant l'opération en raison du faible potentiel d'effets sur le milieu naturel	mesures d'atténuation des effets potentiels à la source générés par la construction contournement des ressources biologiques de valeur	négative	**négligeable** ; voir toutefois la référence aux ressources biologiques dans la section sur l'infrastructure, plus bas
Services sociaux, services physiques et infrastructure								
infrastructure	construction des routes d'accès et entretien coopératif	tracé du pipeline	construction, opération	positive	ne s'applique pas car uniquement un bénéfice du projet	construction de route d'accès et mesures en place pour son utilisation et son entretien à long terme	positive	**élevée** car l'éloignement de la population restreint de manière significative le développement économique et social
	meilleur accès aux services sociaux résultant de la construction de la route	tracé du pipeline	opération	positive	ne s'applique pas car uniquement un bénéfice du projet	aucune requise	positive	**élevée**, voir plus haut
	meilleur accès aux marchés résultant de la construction de la route	tracé du pipeline	opération	positive	ne s'applique pas car uniquement un bénéfice du projet	aucune requise	positive	**élevée**, voir plus haut
	résultant de la construction de la route, pression accrue sur le terrain et les ressources biologiques en raison des migrations	tracé du pipeline	opérations	positive	ne s'applique pas	la consultation continue avec les communautés déterminera si le bilan des effets socio-économiques sera positif ou négatif il pourrait y avoir des effets environnementaux négatifs	négative à positive	**faible à moyenne**, selon la capacité des communes et des communautés à gérer leurs ressources biologiques possibilité de retombées économiques positives si les ressources biologiques peuvent être gérées de manière durable

Tableau 5.1-2 Matrice d'impact du pipeline de pulpe (suite)

Pipeline de pulpe								
Aspect	**Impact résiduel**	**Portée géographique**	**Phase (durée)**	**Avant l'application des mesures d'atténuation**		**Mesures d'atténuation**	**Après l'application des mesures d'atténuation**	
				Orientation	**Conséquence (incluant l'intensité)**		**Orientation**	**Conséquence (incluant l'intensité)**
interruptions routes de transport et de déplacement	perturbations des cours d'eau utilisés pour le transport et le déplacement	tracé du pipeline	construction	négative	faible car les perturbations seront temporaires	planification concertée du calendrier de construction offre d'alternatives de transport là où requis	négative	**négligeable** en raison de la courte durée des interruptions et l'intention d'atténuer les perturbations inévitables
	perturbations aux chemins utilisés pour le transport et le déplacement	tracé du pipeline	construction	négative	faible car les perturbations seront temporaires	planification concertée du calendrier de construction offre d'alternatives de transport là où requis	négative	**négligeable** en raison de la courte durée des interruptions et l'intention d'atténuer les perturbations inévitables
Bien-être des communautés								
sécurité publique	augmentation des comportements antisociaux	tracé du pipeline	construction	négative	faible	gestion de la main-d'œuvre par des formations interculturelles et des codes de conduite obligatoires	négative	**négligeable**
santé publique	augmentation du VIH/SIDA et autres maladies transmissibles	tracé du pipeline	construction, opération	négative	moyenne	la main-d'œuvre du projet aura accès aux soins de santé	négative	**faible** dans son ensemble quoique élevée pour tout individu affecté
augmentation des risques à la santé et à la sécurité publiques en raison des activités de construction	risques associés au trafic	tracé du pipeline	construction	négative	la conséquence du risque est élevée étant donnée le potentiel élevé de dommage qu'un tel accident puisse causer	formation des conducteurs, limites de vitesse obligatoires, entretien routier afin de limiter tous les effets d'un trafic accru	négative	la conséquence du risque est **élevée** en raison du potentiel de dommages qu'un tel accident pourrait causer; toutefois, les mesures d'atténuation devraient considérablement réduire le risque
	effets de la qualité de l'eau sur la santé publique	tracé du pipeline	construction	négative	négligeable en raison de la courte durée de la construction	mise en application de mesures de revégétalisation et de lutte contre l'érosion afin de limiter les effets sur la qualité de l'eau	négative	**négligeable**
	effets du bruit sur la santé publique	tracé du pipeline	construction	négative	négligeable car le bruit du trafic ne représente pas une menace pour la santé publique, bien qu'il puisse y avoir des perturbations	entretien des équipements afin de limiter les effets du bruit	négative	**négligeable**
	effet de la qualité de l'air sur la santé publique	tracé du pipeline	construction	négative	négligeable en raison de la courte durée de la construction	entretien des équipements afin de limiter les effets sur la qualité de l'air	négative	**négligeable**
changements sociaux et culturels	transformation économique, sociale et culturelle	tracé du pipeline	construction	négative	négligeable en raison de la courte durée de la construction, bien que la construction de routes d'accès puisse aussi créer un potentiel pour des changements	aucune mesure d'atténuation directe possible les retombées positives et l'investissement social contribuent au bien-être général des communautés	négative à positive	un tel changement est généralement considéré de conséquence **élevée** comme ceci est relié aux retombées positives de la route d'accès, les changements pourraient être positifs à bien des égards
perturbations	perturbations à la qualité de vie (incluant l'activité économique dépendant du transport routier) changements dans des aspects tels que les aspects visuels, le trafic, le bruit	tracé du pipeline	construction	négative	négligeable en raison de la courte durée de la construction	mesures d'atténuation complète et éventail de meilleures pratiques pour limiter les effets sur les aspects touchant la qualité de vie, c.-à-d. équipements lourds avec silencieux, contrôle de la poussière durant la construction; etc.	négative	**négligeable**
	perceptions que des dommages découleront du projet	tracé du pipeline	construction, opération	négative	moyenne	éducation du public sur les risques véritables découlant du projet. plan d'intervention d'urgence	négative	**faible**
amélioration du bien-être collectif	développement économique et social en raison de la construction de la route d'accès	tracé du pipeline	construction, opération	positive	ne s'applique pas car la route est un bénéfice du projet uniquement	les retombées positives du projet contribuent au bien-être général des communautés	positive	**élevée**
fermeture								
fermeture et effets sociaux et économiques résultants	fin des opportunités économique	tracé du pipeline	fermeture	négative	faible	la planification concertée de la fermeture du pipeline et une approche itérative prendront en compte l'avenir des salariés	négative	**faible** en raison des effets économiques limités du pipeline et de la perspective que la route soit permanente

5.2 BIENS CULTURELS

5.2.1 Introduction

Cette section présente l'Etude d'impact environnemental (EIE) portant sur les effets du pipeline de pulpe sur les ressources culturelles, conformément aux Termes de référence du Projet Ambatovy(ci-après désigné «le projet»).

5.2.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude pour l'évaluation des impacts sur les biens culturels comprend l'emprise du pipeline. Etant donné que cette dernière n'a pas été fermement établie, les sites des ressources culturelles ont été identifiés dans un corridor s'étendant sur un kilomètre de large le long du tracé du pipeline proposé. De ce fait, les recommandations concernant ces sites ne pourront être formulées que lorsque le tracé définitif du pipeline sera décidé.

5.2.3 Résumé de l'étude de référence

Les paragraphes qui suivent récapitulent les résultats des études sur les ressources culturelles qui ont été menées dans le corridor du pipeline.

5.2.3.1 Méthodologie

Les démarches précédant les travaux sur le terrain comprenaient l'analyse des résultats des études historiques antérieures portant sur l'ensemble de la région. Les toponymes régionaux ont également été étudiés, étant donné que les lieux-dits peuvent aider à la reconstitution de l'histoire d'un secteur particulier.

Les travaux de terrain se sont déroulés dans le cadre de l'évaluation socio-économique de la zone du projet conduite par SOATEG. La population locale a également été consultée quant aux emplacements de tout site archéologique ou culturel connu dans le corridor du pipeline. Malgré l'emploi du système GPS pour obtenir les coordonnées des sites recensés pendant l'évaluation, certains sites n'ont pu être visités physiquement à cause des problèmes de sensibilité culturelle. Par conséquent, seules des indications approximatives de l'emplacement de ces sites ont pu être obtenues pour ce rapport.

5.2.3.2 Diversité des sites

Le Tableau 5.2-1 ci-dessous illustre les différents types de sites culturels connus dans l'ensemble de la région.

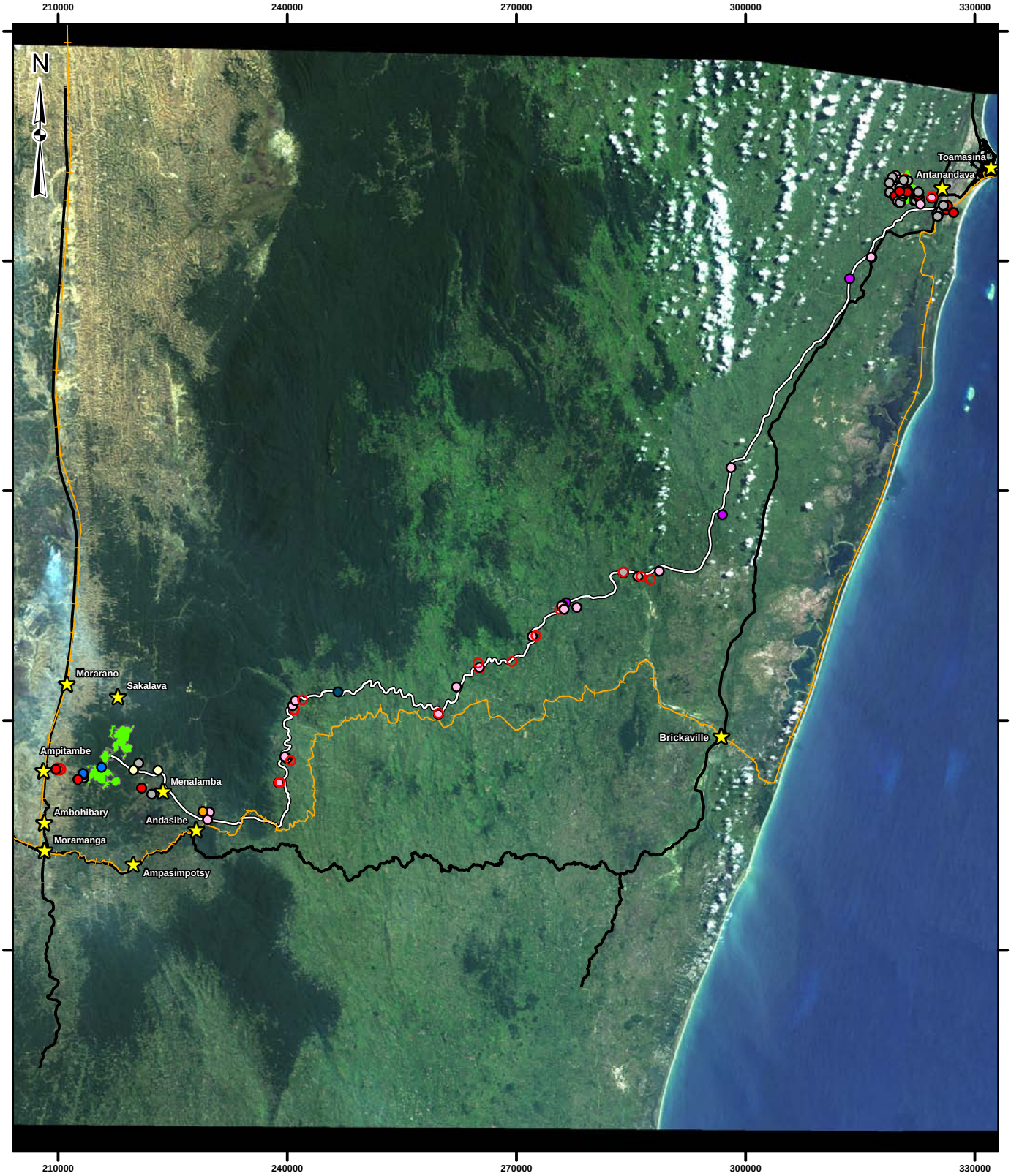
Tableau 5.2-1 Types potentiels de sites culturels dans le secteur d'étude utilisé pour les ressources culturelles

Catégorie de site	Sous-catégorie	Pertinence culturelle
Tombeaux	Fasana	Considéré comme des résidences ancêtrales. un rituel approprié doit être soigneusement suivi pour les déplacer
	Tranomanara	
	Feraomby	
Cimetières	--	comme ci-dessus
Lieux de cérémonies	Jiro	Autel de prières familial
	Fisokona	Autel de prières communal
Lieux maudits	Tany Mahery	Lieux néfastes
Chutes sacrées	Riana	Symbolise la pureté ; lieux d'offrandes
Autres sites culturels/archéologiques	Vatolahy	Grande pierre levée pour commémorer un personnage ou un événement important
	Tsangambato	Petite pierre levée symbolisant un tombeau
	Tanana Taloha	Anciens villages abandonnés

A l'exception des anciens villages abandonnés, qui ont une importance purement archéologique, le reste des sites figurant au Tableau 5.2-1 peuvent être considérés comme des sites culturels étant donné qu'ils continuent à jouer un rôle dans la culture actuelle de la région.

5.2.3.3 Résultats

Au cours de l'évaluation du corridor du pipeline, 27 tombeaux ou groupes de tombeaux, 19 tombes symboliques, 2 sites cérémonieux, 3 villages abandonnés et 1 église ont été recensés (voir Figure 5.2-1). L'âge exact des anciens villages n'a pu être établi. De même, il n'est pas clair si ces derniers doivent faire ou non l'objet de mesures d'atténuation.



10 0 10 20
ÉCHELLE 1:700 000 KILOMÈTRES

LÉGENDE

- SITE ARCHÉOLOGIQUE
- VILLAGE ABANDONNÉ
- CIMETIÈRE
- LIEU DE CÉRÉMONIES
- ÉGLISE
- SITE SACRÉ
- CHUTE SACRÉE
- TOMBEAU SYMBOLIQUE
- EMPLACEMENT DE TOMBEAUX
- VILLE/VILLAGE
- PIPELINE DE PULPE
- VOIE FERRÉE
- ROUTE
- SITE PROPOSÉ

RÉFÉRENCE

Image mosaïque Landsat 7; prise en avril/sept. 2001
Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

PROJET

PROJET AMBATOVY

TITRE

VUE DU SITE DE LA MINE ET EMPLACEMENTS DES SITES ARCHÉOLOGIQUES ET CULTURELS

Golder Associates
Calgary, Alberta

PROJET No.03-1322-172.6500			ÉCHELLE TELLE QUE MONTRÉE	REV. 0
DESSINÉ	LB	13 sep. 2005		
SIG	TN	23 nov. 2005		
VERIF.	GJ	08 fév. 2006		
REV.	DM	08 fév. 2006		

FIGURE: 5.2-1

I:\2003\03-1322\03-1322-172\mxd\Archaeology\Fig5.2-1_ArchaeologySites_portrait_French.mxd

5.2.4 Portée des enjeux

Les principaux enjeux potentiels associés aux ressources culturelles sont :

- La destruction des sites culturels pendant la construction du pipeline (impacts primaires)
- La perturbation des sites culturels avoisinants pendant et après l'opération du pipeline (impacts secondaires et tertiaires)

Les ressources culturelles sont des ressources non renouvelables qui peuvent être localisées au niveau du sol ou tout près; elles peuvent aussi être enfouies. Les impacts primaires sur ces ressources comprennent les perturbations causées par les activités de construction du projet, aux endroits où le paysage est perturbé.

Les impacts secondaires sont les impacts indirects qui se produisent à l'achèvement des travaux de construction et l'application des mesures de réhabilitation. L'érosion d'un terrain en pente résultant de l'altération de la végétation, par exemple, peut affecter les sites. Les impacts secondaires particulièrement préoccupants lorsque des ressources culturelles sont localisées près des zones d'aménagement du projet.

Les impacts tertiaires découlent des changements induits par le projet sur la démographie et les modes d'occupation du sol. Une hausse des niveaux d'impacts intentionnels et accidentels peut se produire suite à l'augmentation des visites dans la région, si le projet est d'assez grande envergure pour affecter la démographie régionale. Dans le cadre de ce projet, il est possible que des impacts tertiaires soient causés par des travailleurs provenant de l'extérieur non familiers avec les coutumes locales.

Les questions clés concernant les ressources culturelles sont les suivantes :

Question clé AR-1	**Quel sera l'effet du projet sur les sites archéologiques ?**
Question clé SE-8	**Le projet fera-t-il naître des conflits culturels ou sociaux entre les populations locales et les personnes venant de l'extérieur?**
Question clé SE-10	**Quel sera l'effet de la réinstallation, dans le cadre du projet et à l'intérieur du secteur d'impact direct, sur les habitants ?**

5.2.5 Evaluation des impacts

5.2.6 Méthodes d'évaluation

Les méthodes d'évaluation visaient à déterminer lesquelles des ressources culturelles découvertes au cours de la phase des travaux sur terrain seront directement affectées par les activités de construction.

Les impacts secondaires associés aux effets hydrologiques ou de l'érosion du sol en dehors de l'empreinte au sol du projet ont été évalués sur la base des impacts prévus aux sections de l'EIE traitant de l'hydrologie et des sols (Sections 3.8 et 3.3 du Volume E,).

Les ressources culturelles pourraient subir des impacts tertiaires (résultant de l'augmentation des taux de visites de personnes non résidentes dans la région suite à la construction du projet). Ces impacts sont difficiles à prévoir, mais ils peuvent être atténués. Ils sont repris brièvement dans cette évaluation.

5.2.6.1 Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation présentés au tableau 5.2-2 ont été utilisés pour évaluer les impacts sur les ressources culturelles.

Tableau 5.2-2 Critères de description des impacts sur les ressources culturelles

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
Neutre : Aucun effet sur les ressources culturelles **Négative :** Les ressources culturelles sont détruites	**Négligeable :** aucun effet mesurable sur les ressources culturelles M**oyenne :** impact tertiaire sur les ressources culturelles **Forte** : impact primaire sur les ressources culturelles	**Locale:** effet limité à l'empreinte au sol du site de la mine **Régional:** effet s'étendant au-delà de l'empreinte du site de la mine (impact secondaire)	**Moyen terme** : 3 à 30 ans **Long terme : >30 ans** à permanent	Réversible ou irréversible	**Faible:** se produit une seule fois **Moyenne:** se produit par intermittence **Elevée:** se produit en continu

5.2.6.2 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Les impacts résiduels au cours de chaque phase du projet sont résumés au Tableau 5.2-3.

Tableau 5.2-3 Effets potentiels et impacts résiduels sur les ressources culturelles

Phase du projet	Effets potentiels	Mesures d'atténuation	Impacts résiduels
Construction	Perturbation du paysage et des sites culturels s'y trouvant	Altération de la servitude du pipeline Déplacement des tombeaux, des tombeaux symboliques, et des lieux de cérémonies Fouilles des sites archéologiques	Intensité neutre, mais effets permanents et irréversibles si les sites font l'objet de mesures d'atténuation
Opération	Présence accrue des employés non-locaux dans la région Impacts hydrologiques et érosion hors site	Formation sur les différences culturelle Aménagement par étapes, contrôle de l'érosion, mesures de réhabilitation	Intensité négligeable, effets à moyen terme et réversibles sur les ressources culturelles adjacentes au pipeline Aucun
Fermeture	Aucun	Aucune	Aucun

5.2.6.3 Mesures d'atténuation

Il existe deux scénarios de mesures d'atténuation possibles pour les ressources culturelles associées au pipeline de pulpe. Le premier consiste à modifier le tracé du pipeline pour contourner les sites archéologiques et/ou culturels qui pourraient se trouver sur la servitude proposée. Cet ajustement du tracé requiert les services d'un archéologue pour diriger les activités de surveillance en collaboration avec des arpenteurs-géomètres avant la construction, et pour aider à la planification du tracé définitif du pipeline. C'est la principale mesure d'atténuation envisagée.

Si la modification du tracé du pipeline n'est pas possible, alors tous les sites susceptibles de subir des impacts pourront faire l'objet de mesures d'atténuation comprenant 1) leur réimplantation dans d'autres lieux, ou 2) la réalisation de fouilles archéologiques. Les tombeaux, les tombeaux symboliques et les lieux de cérémonies situés à l'intérieur de la zone d'impact du pipeline proposé pourront être déplacés dans le respect des pratiques culturelles locales admises. Si cela devait se produire, cependant, un protocole impliquant les rites et rituels

nécessaires doit être accompli. Des discussions et des négociations avec des groupes d'habitants doivent avoir lieu dans ce cas. Les procédures de déplacement des tombeaux sont décrites au Tableau 5.2-4.

D'autres sites, tels que les villages abandonnés, ne peuvent pas être déplacés. Une étude archéologique sous forme de fouille s'avèrera nécessaire si de tels sites subissent les impacts de la construction du pipeline. L'importance archéologique des trois villages abandonnés découverts à l'intérieur du corridor du pipeline proposé reste à évaluer, étant donné que cette découverte a été faite par des spécialistes socioculturels et non par des archéologues. Ces villages pourraient ou non impliquer des travaux supplémentaires si le tracé ne pourrait être modifié pour les contourner.

Les impacts tertiaires seront atténués en donnant des formations de sensibilisation culturelle aux travailleurs de l'extérieur et en veillant à ce qu'ils évitent de visiter les sites de ressources naturelles adjacents à la zone d'impact direct de mise en œuvre du projet.

Tableau 5.2-4 Procédures générales de déplacement des tombeaux

Etapes	Procédures	Commentaires
1	Identification des propriétaires/descendants	Ces informations doivent être officiellement vérifiées
2	Discussion initiale des alternatives avec les propriétaires	L'objectif de cette première rencontre est uniquement de discuter des alternatives, et non de trouver la solution finale
3	Visite subséquente pour s'enquérir des idées et des exigences des propriétaires	Le choix de la date et du lieu du déplacement des tombaux est laissé à leurs propriétaires
4	Une autre visite pour discuter : 1) des aspects matériels et financiers des conditions posées par les propriétaires 2) des détails de la cérémonie	
5	Démarrage de la construction du nouveau tombeau, et fabrication probable de nouveaux cercueils	Cette procédure requiert la tenuet d'un petit rituel
6	Collecte des matériels nécessaires : linceuls, alcool, troupeau de zébus, etc.	Il est également possible de donner de l'argent aux résidents locaux pour qu'ils s'occupent eux-même partiellement de ces démarches
7	Le jour venu, le rituel sera célébré par une personnalité importante du village	L'idéal serait de compléter l'ensemble du processus, de l'exhumation jusqu'à l'inhumation, en une journée

5.2.6.4 Conclusions

Une fois les mesures d'atténuation mises en place, le pipeline aura un effet neutre sur les ressources culturelles au cours de la phase de construction. Où il ne serait pas possible de modifier le tracé du pipeline pour contourner les sites archéologiques potentiellement importants, et si ces derniers sont détruits suite aux fouilles pratiquées à titre de mesures d'atténuation, les informations obtenues lors de ces fouilles aideront à compenser leur destruction (communication personnelle du Prof. Jean-Aimé Rakotoarisoa ; Annexe 2.1 duVolume K). Etant donné que les tombeaux, les tombeaux symboliques et les lieux de cérémonies situés dans le corridor du pipeline pourraient être déplacés sans que cela n'altère leur valeur culturelle inhérente, un effet neutre sur ces derniers est également prévu.

Aucun effet secondaire attribuable aux impacts hydrologiques ou à l'érosion hors site n'est prévu.

Un effet négligeable à moyen terme sur les ressources culturelles adjacentes au pipeline pourrait se produire au cours de la phase de l'opération, selon que les quelques résidents de l'extérieur travaillant dans la zone entreront en contact ou non avec lesdites ressources.

Aucun effet n'est prévu pendant la phase de fermeture du pipeline.

5.3 OCCUPATION DU SOL

5.3.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets du pipeline de pulpe sur l'occupation du sol. Conformément aux termes de référence du projet Ambatovy (le projet), l'occupation du sol a été cartographiée pour le secteur local d'étude du pipeline de pulpe et des prévisions ont été faites concernant les changements au niveau des zones d'occupation du sol par rapport aux conditions de référence. Les implications des changements d'occupation du sol pour les habitants sont discutées au niveau des effets socioéconomiques dans le volume C, section 5.1.

5.3.1.1 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude d'occupation du sol du pipeline de pulpe est le même que celui du secteur local d'étude du pipeline général présenté dans le volume A, section 7.2, figure 7.2-2. Cette zone comprend le tracé prévu du pipeline et une zone tampon de 1 km de chaque côté du pipeline. Les zones de ces empreintes au sol n'ont pas été incluses dans la présente étude et elles feront l'objet d'une évaluation à une date ultérieure puisque l'emplacement des routes d'accès, des sites temporaires pour le chantier et des baraquements n'a pas été fixé.

5.3.2 Résumé de l'étude de référence

Trois sous-secteurs principaux d'occupation du sol ont été définis le long du secteur local d'étude du pipeline de pulpe (volume K, annexe 3.1, section 3.4): la section ouest, qui est comprise dans le corridor forestier (zone du corridor), la section centrale, qui passe autour de lambeaux de forêt primaire à travers une zone définie principalement par une matrice de tavy (zone de tavy) et la section est, qui ne contient que de la végétation secondaire (la zone agricole).

Dans la zone du corridor, le long du tracé prévu pour le pipeline de pulpe, les types d'occupation du sol comprennent l'agriculture, des zones protégées/de tourisme, des plantations d'eucalyptus/terres boisées, des résidences et des zones forestières utilisées pour l'extraction de produits forestiers autres que le bois d'oeuvre. Un projet visant à réhabiliter la connectivité écologique et à séquestrer le carbone en reboisant les terres comprises dans la zone de conservation du corridor Mantadia-Zahamena est proposé dans la zone et constitue un type supplémentaire d'occupation du sol.

Dans la zone de tavy, le type d'occupation du sol le plus courant est l'agriculture de tavy, mais d'autres type d'occupation du sol importants comprennent les rizières, les villages et les lambeaux forestiers qui sont utilisés comme source de bois d'œuvre et de produits forestiers autres que le bois d'oeuvre.

Dans la zone agricole, les types d'occupations du sol comprennent l'agriculture de tavy, les rizières, les résidences et villages, les zones d'agroforesterie, les zones de pâturage et les grandes plantations telles que la plantation d'huile de palme au sud de Toamasina.

5.3.3 Portée des enjeux

Les enjeux clés soulevés par le public au sujet de l'occupation du sol lors des séances de consultation publique sont les suivants :

- l'effet de la perturbation directe causée par le pipeline, ou l'érosion causée par le tracé du pipeline, sur les terres agricoles et les villages
- les effets des déversements provenant du pipeline sur les terres agricoles et les villages
- les effets du pipeline et des activités connexes sur les routes d'accès (particulièrement au-dessus du sol et durant la phase de construction)
- les effets de l'ouverture de voies d'accès (route le long du pipeline) pour l'utilisation des ressources par des tiers
- la politique d'indemnisation du projet pour les terres affectées
- les effets sur la sédimentation lorsque le pipeline traverse des rivières

5.3.4 Méthodologie d'évaluation

Les effets des impacts sur l'occupation du sol sont de nature sociale et ils font l'objet d'une évaluation des impacts dans la section portant sur les aspects socioéconomiques (volume C, section 5.1).

Dans la présente section, les effets directs du projet sur les terres situées le long du tracé du pipeline sont évalués. Des mesures d'atténuation visant à réduire les effets potentiels du projet sont indiquées.

5.3.5 Evaluation des impacts

Un diagramme de liens sur l'occupation du sol est présenté dans le volume H, annexe 9. Il existe des liens d'impact potentiels entre le pipeline de pulpe et les changements d'occupation du sol pour :

- l'altération des sols, du terrain et de la végétation;
- des changements de l'hydrologie et de la sédimentation;
- des changements concernant les habitats des poissons et leur abondance;
- une pression démographique accrue (phase de construction seulement); et
- l'amélioration de l'accès régional.

Altération des sols, du terrain et de la végétation

Les impacts du projet sur les zones présentant une variété d'occupations potentielles du sol sont présentés au tableau 5.3-1. Les zones d'occupation du sol situées le long du pipeline de pulpe ont été cartographiées sur les feuilles de tracé du pipeline présentées dans le volume H, annexe 11.

Tableau 5.3-1 Zones d'impact sur l'occupation du sol du secteur local d'étude du pipeline de pulpe

Type de zone	Superficie du secteur local d'étude (de référence) (ha)	Superficie affectée (ha)	Proportion de la superficie affectée du secteur local d'étude (%)
bosquets littoraux résiduels	0	0	0
forêt azonale/de transition et broussailles	268	5	2
forêt zonale primaire et bordure de marais	1 429	23	2
forêt zonale primaire dégradée	1 537	49	3
agroforesterie/forêt secondaire	0	0	0
plantation et terre boisée	693	39	6
cordon de dune littoral	70	2	3
savane arbustive/prairies côtières	227	2	1
rizières	278	9	3
savane arbustive/herbacée/pâturage	308	2	1
matrice de tavy	30 778	800	3
village/zone urbaine	120	2	2
zones humides	406	5	1
couloir d'accès (route/chemin de fer)	9	0	0
industrie (bâtiments ou zones d'exploration)	13	0	0
chenal	0	0	0
carrière	12	0	0
rivière/eau	127	0	0
étang saisonnier	0	0	0
total	**36 275**	**938**	**3**

Dans le secteur local d'étude, 6% (39 ha) des zones actuelles de terre boisée et de plantation seront affectées par l'aménagement du projet, y compris les terres boisées d'eucalyptus et des parties d'une plantation d'huile de palme au sud de Toamasina. Trois pour-cent des zones de rizières (9 ha) et d'agriculture de tavy (800 ha) du secteur local d'étude seront affectées par le projet. Environ 2% (2 ha) des zones villageoises du secteur local d'étude seront affectées et moins de 1% (2 ha) de terres de pâturage potentiel le long du pipeline seront affectées. Au moment de la mise au point finale du tracé du pipeline, des efforts seront déployés pour réduire tous ces niveaux (jusqu'à zéro si possible) en acheminant le pipeline autour de ces zones clés d'occupation du sol.

Deux pour-cent (77 ha) des zones boisées (zonale, de transition et dégradée) du secteur local d'étude sont affectées par le projet. Il a été estimé dans des études menées sur le secteur de la mine qu'environ 74 mètres cubes de bois d'oeuvre viable peuvent être tirés de chaque hectare de forêt coupée. La valeur marchande de ce bois d'oeuvre varie selon l'espèce.

Changements de l'hydrologie et de la sédimentation

Les effets du pipeline sur l'écoulement de l'eau de surface et sur la sédimentation ont été évalués dans le volume C, section 3.6. Durant la construction, il est prévu que la servitude du pipeline de pulpe ait des effets négligeables sur l'écoulement et les niveaux d'eau ainsi que des effets variant de faible à moyen sur les niveaux de sédiments dans les plans d'eau récepteurs. Il est prévu que les effets durant l'opération et la post-fermeture soient négligeables grâce aux mesures de lutte contre l'érosion. Par conséquent, les effets sur les occupants des terres en aval seront limités à des impacts de sédimentation à court terme (construction). Toutefois, si de tels impacts affectent des zones agricoles clés (rizières) ou nuisent aux approvisionnements en eau qui sont nécessaires au type d'occupation du sol et aux occupants des terres, une indemnisation appropriée sera fournie.

Changements concernant les habitats des poissons et leur abondance

Les impacts sur les poissons et la pêche artisanale pour l'alimentation des populations locales sont évalués dans la section portant sur les poissons et les ressources aquatiques (volume C, section 4.3).

Pression démographique accrue

Le projet va entraîner la présence d'un nombre considérable de personnes dans le secteur local d'étude durant la phase de construction, dont la plupart seront logées dans des baraquements temporaires. Les travailleurs de la construction ne participent habituellement pas à l'occupation locale du sol, à la chasse ni à la

pêche et aucun impact sur l'occupation du sol dans le secteur local d'étude n'est prévu.

Changements concernant l'accès régional

Le projet va entraîner la construction d'une route de surveillance le long de la majeure partie du tracé du pipeline et de plusieurs routes d'accès entre les routes existantes et le tracé du pipeline. En général, cela est considéré comme un effet positif pour l'occupation du sol et la mise en place d'une telle route sans restriction d'accès est en général vue d'un bon œil par les résidents locaux du secteur local d'étude du pipeline (volume A, section 6). Or, dans certains cas, particulièrement lorsqu'il y a de la forêt primaire, un accès amélioré peut mener à une occupation indésirable du sol, telle que de la foresterie illégale et des mesures de contrôle de l'accès seront requises.

5.3.6 Mesures d'atténuation

Une grande partie des mesures d'atténuation concernant l'occupation du sol est basée sur la conception du projet. Le tracé du pipeline de pulpe a été conçu de manière à éviter les villages, la forêt primaire et les zones clés d'occupation agricole du sol. Un affinement additionnel du tracé aura lieu avant la construction de façon à réduire davantage les effets sur les zones clés d'occupation du sol indiquées au tableau 5.3-1. Les individus qui seront encore affectés recevront une indemnisation. Le pipeline sera enfoui sur la majeure partie de sa longueur, afin d'éviter les impacts sur l'accès et le mouvement des personnes et du bétail.

Les zones d'occupation du sol en dehors de l'empreinte au sol du projet ont le potentiel d'être affectées par le projet, mais les mesures d'atténuation prévues vont réduire de tels effets à des niveaux très faibles. Ces mesures d'atténuation comprennent :

- La mise en œuvre de mesures de lutte contre l'érosion et de revégétalisation rapide pour maintenir la qualité de l'eau s'écoulant à travers la servitude du pipeline (décrite dans la partie portant sur les sols, volume B, section 3.3).
- Rendre disponible le bois d'oeuvre viable en le mettant de côté.
- L'élaboration d'autres mesures socioéconomiques d'atténuation et d'indemnisation pour les personnes qui sont directement ou indirectement affectées par le projet (tels que par des impacts sur leurs terres agricoles ou l'approvisionnement en eau), tel que décrit dans la section portant sur les aspects socioéconomiques (volume B, section 5.1).

- La réhabilitation de zones le long du tracé du pipeline dès que cela sera réalisable après l'achèvement de la construction, de manière à ce que ces zones s'accordent, sur le plan écologique, avec les objectifs régionaux d'occupation du sol (décrite dans le volume B, section 6 et dans le volume H, annexe 7).

5.3.7 Conclusions

Le projet aura un faible effet sur les zones d'occupations du sol dans la zone immédiate du projet en raison des perturbations directes des terres utilisées pour le riz, l'agriculture de tavy, les plantations et les terres boisées. Bien qu'une petite zone de villages puisse être affectée par le tracé actuel du pipeline, lorsqu'il existe d'autres options, le pipeline sera acheminé complètement autour des villages et des autres zones importantes d'occupation du sol. Le projet peut aussi avoir des effets indirects sur l'occupation du sol dans des zones entourant le pipeline, en raison de l'érosion de la surface de la servitude; la réhabilitation va atténuer cet effet, mais une certaine indemnisation des propriétaires fonciers pourrait s'avérer nécessaire pour la sédimentation durant la phase de construction. Enfin, le projet a le potentiel d'entraîner des impacts positifs grâce à la création de voies d'accès des zones d'occupation du sol jusqu'aux routes existantes, ce qui pourrait permettre le transport de produits agricoles supplémentaires au marché. L'intensité de ces impacts en termes socioéconomiques est évaluée dans le volume B, section 5.1.

5.4 SANTE HUMAINE ET ECOLOGIQUE

5.4.1 Introduction

L'évaluation de la santé du secteur du pipeline de pulpe porte sur les changements potentiels de la qualité de l'air et de l'eau et les effets connexes possibles du pipeline sur la santé humaine et/ou la qualité du milieu aquatique lors de la construction et de l'exploitation et après la fermeture.

5.4.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude du pipeline de pulpe est le même que le secteur local d'étude pour les évaluations de la qualité de l'eau et de l'hydrologie. Il comprend une zone tampon d'un kilomètre sur les deux côtés du tracé du pipeline (voir la carte au volume A ,section 7, figure 7.2-2).

5.4.3 Résumé de l'étude de référence

5.4.3.1 Introduction

Une évaluation quantitative des risques à la santé humaine n'a pas été effectuée pour les conditions de référence dans le secteur local d'étude du pipeline de pulpe. Cependant, les données préliminaires suggèrent que les risques pour la santé humaine et causés par l'ingestion de l'eau de surface et l'inhalation d'air sont susceptibles d'être faibles, puisque l'on s'attend à ce que l'air soit pur (annexe 4.1 du volume I). De plus, les plans d'eau de surface évalués dans le secteur d'étude sont classés comme convenant à tous les usages (classe A : selon le système de classification de Madagascar par rapport à la qualité de l'eau) ou à des activités récréatives sans contact avec l'eau (classe B ; se référer au volume I, annexe 9.1).

Dans le cas de la qualité du milieu aquatique, les niveaux de pH et d'oxygène dissous mesurés respectent les lignes directrices applicables en matière de protection de la qualité du milieu aquatique.

5.4.4 Evaluation des impacts

La présente section de cette évaluation examine les effets néfastes potentiels pour la santé humaine et la qualité du milieu aquatique causés par la construction, l'exploitation et l'après-fermeture du pipeline de pulpe en association avec les conditions de référence.

5.4.4.1 Portée des enjeux

Le principal enjeu en matière de santé qui a été soulevé lors des consultations auprès des parties prenantes est la préoccupation quant à savoir si la qualité de l'air et de l'eau sera affectée par la construction et l'exploitation du pipeline qui, à son tour, peut nuire à la reproduction du bétail, aux cultures, à l'eau de boisson, à la flore et à la faune.

Les questions clés élaborées pour traiter les effets néfastes potentiels causés par le projet sont énumérées ci-dessous. Le diagramme des liens d'impact potentiels est fourni au volume H, annexe 9.

Question clé SH-1 **Quel effet les émissions de substances chimiques du pipeline de pulpe auront-elles sur la santé humaine?**

Question clé SH-2 **Quel effet les émissions de substances chimiques du pipeline de pulpe auront-elles sur les ressources de subsistance?**

Question clé SA-1 **Quel effet les émissions de substances chimiques du pipeline de pulpe auront-elles sur la qualité du milieu aquatique?**

Les sections suivantes fournissent la méthodologie et l'évaluation pour chacune de ces questions.

5.4.4.2 Question clé SH-1 Quel effet les émissions de substances chimiques du pipeline de pulpe auront-elles sur la santé humaine?

Evaluation du lien d'impact

Le lien d'impact potentiel entre le projet de pipeline de pulpe et la santé humaine a été évalué afin de répondre à la question clé SH-1. Les liens d'impact potentiels ont été analysés :

- entre les changements dans la qualité de l'eau et la santé humaine
- entre les changements dans la qualité des aliments et la santé humaine
- entre les changements dans la qualité de l'air et la santé humaine.

Qualité de l'eau

Les populations locales dépendent des plans d'eau de surface pour la consommation (volume K, annexe 3.1, Occupation du sol). Par conséquent, les changements de la qualité de l'eau peuvent constituer des risques pour la santé humaine. Cependant, les changements de la qualité de l'eau lors de la construction, de l'exploitation et de l'après-fermeture du pipeline semblent négligeables (dans le présent volume, à la section 3.7) en autant que des pratiques de gestion appropriées soient utilisées pour contrôler l'érosion et la sédimentation des cours d'eau et que les mesures d'atténuation soient adoptées pour réduire et minimiser les effets d'une rupture et d'un déversement accidentels. Ansi, le lien d'impact entre les changements dans la qualité de l'eau et la santé des personnes utilisant les cours d'eau pour l'eau de boisson a été considéré non valide et n'a pas été retenu pour de futures évaluations.

Qualité des aliments (poissons)

Le pipeline traversera les collectivités avoisinantes où les poissons sont capturés pour consommation. Les changements de la qualité de l'eau causés par la construction, l'exploitation ou la fermeture du pipeline peuvent théoriquement diminuer la qualité des poissons et constituent des risques pour la santé humaine. Cependant, tel qu'expliqué ci-dessus, les changements de la qualité de l'eau semblent négligeables. Ainsi, le lien d'impact entre les changements dans la qualité des poissons et la santé des personnes a été considéré non valide et n'a pas été retenu pour de futures évaluations.

Qualité de l'air

Les effets sur la qualité de l'air surviendront principalement lors de la construction du pipeline en raison du nombre de camions et de l'équipement lourd utilisés. Le SO_2, les NO_X et les particules seront émis par l'équipement, mais les effets sur la qualité de l'air semblent négligeables puisque les émissions seront localisées et surviendront seulement durant de courtes périodes en tout point le long du tracé (c.-à-d. durée d'une semaine ou moins). Ainsi, le lien d'impact entre les changements dans la qualité de l'air et la santé des personnes vivant dans les collectivités voisines du pipeline a été considéré non valide et n'a pas été retenu pour de futures évaluations.

Critères de description des impacts

Les critères d'évaluation utilisés pour la santé humaine sont les mêmes que ceux utilisés pour le secteur de la mine (volume B, section 5.4).

5.4.4.3 Question clé SH-2 Quel effet les émissions de substances chimiques du pipeline de pulpe auront-elles sur les ressources de subsistance?

Evaluation du lien d'impact

Qualité de l'eau

Le pipeline traversera des secteurs où l'occupation du sol comprend l'agriculture, des plantations d'eucalyptus, des résidences et des forêts. D'importantes cultures de manioc, de bananes, de café, de taro, de patates douces et de haricots se retrouvent dans la région (volume K, annexe 3.1, Occupation du sol). L'eau est importante pour la pêche, l'abreuvement du bétail et l'irrigation des cultures. Ainsi, les changements de la qualité de l'eau peuvent causer des impacts sur les ressources de subsistance. Cependant, l'on ne s'attend pas à ce que les changements de la qualité de l'eau surviennent lors de la construction et de l'exploitation du pipeline. Pour cette raison, ce lien d'impact a été considéré non valide.

Critères de description des impacts

Les critères d'évaluation utilisés pour les impacts sur les ressources de subsistance sont les mêmes que ceux utilisés pour le secteur de la mine (section 5.4 du volume B).

5.4.4.4 Question clé SA-1 Quel effet les émissions de substances chimiques du pipeline de pulpe auront-elles sur la qualité du milieu aquatique?

Evaluation du lien d'impact

Qualité de l'eau et des sédiments

Lors des phases de construction et d'installation du pipeline, les concentrations de sédiments en suspension peuvent augmenter dans les plans d'eau récepteurs. Les sédiments de fond agités peuvent libérer des substances chimiques naturelles généralement associées aux matières particulaires. L'émission de substances chimiques peut affecter à la fois les communautés aquatiques vivant dans la colonne d'eau et celles associées aux sédiments. Lors de la construction, de l'exploitation et du démantèlement du pipeline, les ruptures et les déversements accidentels pourraient affecter la qualité de l'eau. Cependant, le pourcentage du secteur perturbé dans un bassin versant donné devrait être très faible par rapport à l'ensemble du bassin versant, et ce qui est plus important encore, les changements de telles ruptures sont considérés très faibles (volume C, section 3.5 Risques naturels). Ainsi, les effets sur la qualité de l'eau et des sédiments des

cours d'eau récepteurs ainsi que sur les communautés aquatiques devraient être négligeables. De telles prévisions sont basées sur les hypothèses que des pratiques de gestion appropriées et des mesures d'atténuation adéquates seront utilisées. Le lien d'impact entre les changements dans la qualité de l'eau et de la vie aquatique a été considéré non valide et, ainsi, n'a pas été retenu pour de futures évaluations.

Les impacts potentiels de la sédimentation et d'autres changements physiques des cours d'eau sur les poissons et la vie aquatique sont abordés à la section 4.3 du présent volume.

Critères de description des impacts

Les critères d'évaluation utilisés pour l'évaluation de la qualité du milieu aquatique sont les mêmes que ceux utilisés pour le secteur de la mine (volume B, section 5.4).

5.4.4.5 Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation applicables à la santé humaine et à la qualité du milieu aquatique ont été discutées précédemment dans l'évaluation de la qualité de l'eau et de l'air de ce volume.

5.4.4.6 Impacts résiduels

Puisque tous les liens d'impact potentiels sont non valides, on ne prévoit aucun impact résiduel sur à la santé humaine et écologique.

5.4.4.7 Surveillance

La surveillance doit être mise en œuvre lors de la phase de construction et pour le démantèlement, au moment de la fermeture du pipeline, en vue de s'assurer que les activités appliquent les pratiques appropriées visant à la protection de l'environnement (consulter les sections sur la qualité de l'eau et de l'air de ce volume). La surveillance périodique de l'intégrité du pipeline dans le cadre du plan de gestion environnemental du projet d'ensemble pourrait aider à identifier les risques potentiels de rupture de pipeline pouvant engendrer des perturbations.

5.4.5 Conclusions

L'évaluation des impacts pour la santé humaine et écologique a estimé les effets néfastes potentiels pour la santé des émissions de substances chimiques dans le tracé du pipeline de pulpe, en prenant compte des conditions de référence. Les

risques cumulatifs pour la santé humaine de l'exposition par ingestion d'eau de boisson et de poissons ainsi que par inhalation d'air lors de la construction, de l'opération et du démantèlement du pipeline ont été considérés négligeables. Les impacts potentiels sur la vie aquatique et le bétail ont également été considérés négligeables.

5.5 TRAFIC

5.5.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation des impacts environnementaux du pipeline de pulpe sur le trafic. Conformément aux termes de référence du Projet Ambatovy (le projet), les changements des niveaux de trafic sont prévus et comparés aux niveaux de trafic de référence. Les effets de l'accroissement du trafic sont évalués de façon qualitative relativement aux impacts potentiels sur les résidences, le bétail et la sécurité humaine à proximité des routes.

5.5.2 Secteur d'étude

Les voies publiques d'accès qui seront principalement utilisées pour accéder au pipeline sont la route nationale (RN) 2 entre Toamasina et Moramanga, et les routes individuelles d'accès de la RN2 jusqu'à l'emprise du pipeline. Les effets sur le trafic le long de ces routes font l'objet d'une évaluation.

5.5.3 Résumé de l'étude de référence

Les principales voies publiques d'accès au pipeline sont la RN2, à partir de Toamasina jusqu'à Moramanga, et plusieurs routes existantes et projetées entre la RN2 et la servitude. La route nationale 2 est une route goudronnée à deux voies et en bon état. A l'heure actuelle, la plupart des routes situées entre la RN2 et la servitude sont des chemins de terre en mauvais état qui nécessiteront des améliorations.

Les marchandises qui entrent ou sortent de Madagascar sont transportées en grande partie entre Antananarivo et Toamasina, sur la RN2. Moramanga est située à cinq heures de route de Toamasina (250 km sur la RN2).

Les volumes du trafic de référence sur la RN2 pour une période de 24 heures sont décrits dans le tableau 5.5-1. Les volumes de trafic sont plus élevés sur la RN2 à la sortie de Toamasina, en raison du trafic local à destination et en provenance de Toamasina, ainsi que le trafic interurbain à destination de Moramanga. Le trafic de référence pour toute la longueur de la RN2 devrait correspondre davantage aux niveaux de trafic enregistrés sur ce segment de la route du côté de Moramanga (tableau 5.5-1).

Tableau 5.5-1 Etude sur les niveaux de trafic de référence

Type de véhicule	Volume de trafic sur 24 heures entre Moramanga et Toamasina (à la limite de Moramanga)		Volume de trafic sur 24 heures entre Moramanga et Toamasina (à la limite de Toamasina)	
	En semaine	Week-end	En semaine	Week-end
voitures particulières	243	311	462	611
transport de personnes	212	253	365	326
transport de marchandises	346	447	601	647
véhicules motorisés à deux roues	353	493	1293	1426
véhicules non motorisés	58	50	952	33
Total	**1212**	**1554**	**3673**	**3043**

Les niveaux de trafic de référence des routes situées entre la RN2 et la servitude (lesquelles feront toutes l'objet d'améliorations avant d'être utilisées dans le cadre du projet) n'ont pas été enregistrés mais ces derniers devraient être relativement faibles.

Le taux d'accident prévu selon les conditions de référence est de 3,12 accidents par million de kilomètres-véhicule parcourus sur la RN2, selon les statistiques du gouvernement.

5.5.4 Portée des enjeux

Les enjeux clés ayant trait au trafic et qui ont été soulevés dans le cadre des consultations publiques sont les suivants:

- la sécurité: le trafic sur la RN2 n'est pas sécuritaire, même pour les conditions de référence, à cause de la vitesse rapide des véhicules (commentaire de Moramanga)
- le bruit et les vibrations: le trafic actuel émet du bruit et des vibrations qui portent atteinte aux résidences situées en bordure de la route (commentaire de Moramanga)
- les accidents: avec un accroissement du trafic au cours du projet, de quelle façon pourrait-on empêcher une augmentation du taux d'accidents? (Question passée par le Comité technique d'évaluation - CTE)

Il est généralement admis que le projet peut engendrer plusieurs impacts en ce qui concerne le trafic, notamment:

- une augmentation des perturbations causées par la poussière, le bruit, les vibrations et les émissions des véhicules pour les populations situées le long des routes et un impact plus élevé le long des routes non goudronnées
- l'accroissement du volume du trafic et toute augmentation de la vitesse associée aux améliorations de la route dans le cadre du projet exposent davantage les humains et leurs animaux à des accidents
- les accidents de la route qui impliquent des transporteurs de produits industriels risquent de contaminer le sol et l'eau par les déversements
- toute construction ou amélioration de la route causera des retards temporaires au trafic non lié au projet

Aucune question clé n'est traitée dans cette section. Bien que les changements du trafic y soient décrites, les répercussions et impacts qu'entraînent ces changements sont évaluées dans les sections socio-économiques (section 5.1, volume B).

5.5.5 Changements du trafic

5.5.5.1 Méthodes d'évaluation

Les effets du trafic sont évalués de façon quantitative relativement au volume du trafic et aux taux d'accidents de la route, en fonction de l'extrapolation des données de référence existantes. Le nombre approximatif de véhicules nécessaires à l'opération du projet est connu et a été utilisé pour calculer les effets proportionnels par rapport aux conditions de référence.

Les effets du trafic sur la santé, la sécurité, les vibrations, le bruit et la congestion dans les villes sont évaluées qualitativement.

5.5.5.2 Résultats

Il y a des impacts potentiels sur le trafic résultant du transport de matériaux vers les sites de construction du pipeline. Ces mouvements se produiraient le long de la RN2 et sur les voies d'accès qui existent présentement ou qui pourraient être construites. Les impacts sur le trafic résultant de l'opération ne devraient pas être très marqués, à moins que la construction des voies d'accès ne stimule le trafic local pour des fins autres que le projet.

Volumes du trafic

Les changements dans les volumes de trafic attribuables au pipeline reposent sur une estimation du nombre de camions de ravitaillement et d'autobus (transport des travailleurs) qui seront nécessaires quotidiennement à la réalisation du pipeline. Le nombre de véhicules requis pendant la phase de construction est résumé dans le tableau 5.5-2. Le trafic prévu sera moindre pendant la surveillance et l'entretien du pipeline lors de l'opération, ce qui présente un impact négligeable. Le volume du trafic pendant la construction représente une petite fraction du trafic de référence existant illustré dans le tableau 5.5-1, même s'il peut représenter une proportion moyenne ou élevée du trafic sur les plus petites routes d'accès entre la RN2 et la servitude du pipeline.

Tableau 5.5-2 Nombre de véhicules par jour, pour la construction du pipeline, sur une partie de la RN2 entre Toamasina et Moramanga [(a)]

Phase du projet	Types de véhicule	Nombre de véhicules (allers-retours par jour)
construction (3 ans)	camions	5
	autobus	1
	Total	**6**

a) Les nombres de véhicules sont estimés a partir de la description du projet fourni a partir de Mai 2005.

Le nombre de camions sur la route augmentera d'environ 1 % en raison de la construction du pipeline. Ces camions seront d'une grande dimension (équipés pour porter 20 tonnes) et, dans de nombreux cas, transporteront de longs tuyaux qui feront d'eux les plus longs véhicules sur la RN2. Pour cette raison, malgré leur faible fréquence de passage, ces véhicules attireront l'attention des autres conducteurs et des gens le long de la route.

Le nombre d'autobus augmentera de moins de 1 % pendant la construction.

En fonction du nombre de véhicules estimés dans le tableau 5.5-2, les distances totales qui seront parcourues sur la RN2 chaque année par les véhicules du projet sont résumées au tableau 5.5-3. La distance moyenne parcourue jusqu'au point d'accès du pipeline sur la RN2 est présumée correspondre à la moitié de la distance entre Toamasina et Moramanga.

Tableau 5.5-3 Kilomètres-véhicule par année sur la RN2

Phase du projet	Types de véhicule	Nombre de km par année
construction (3 ans)	camions	484 000
	autobus	97 000
	Total[(a)]	**580 000**

[(a)] Les nombres ont été arrondis et peuvent ne pas donner la somme exacte du total inscrit.

Les effets du pipeline de pulpe sur le trafic se feront sentir au cours de la phase de construction, ce qui représente quand même une très faible proportion du volume de trafic total sur la RN2. Les effets sur le volume du trafic seront davantage marqués sur les nouvelles routes d'accès, ou celles qui ont été améliorées, reliant la RN2 au tracé du pipeline. Même si les plans conceptuels pour de telles routes ont été élaborés, l'alignement final des routes d'accès n'a pas encore été déterminé. L'évaluation des effets du trafic sur les routes d'accès sera effectué lorsque les plans seront terminés (amendement de l'EIE du pipeline).

Taux d'accidents

Un taux d'accidents (mesuré en fonction du nombre d'accidents rapportés par un million de kilomètres-véhicule motorisés parcourus) de 3,12 par million de kilomètres-véhicule a été enregistré sur la RN2 entre Brickaville et Toamasina (annexe 5.1, volume K). Les conditions routières sur les autres parties de la RN2 sont considérées équivalentes à celles-ci, et le taux d'accident est réputé être proportionnel à l'accroissement du trafic. En fonction des volumes de trafic supplémentaires, les impacts sur le taux d'accidents ont été estimés et sont décrits dans le tableau 5.5-4.

Tableau 5.5-4 Changements dans le nombre d'accidents survenus entre Moramanga et Toamasina pendant la construction du pipeline

Paramètre	Nombre
kilométrage du trafic de référence	476 736 voyages x 250 km = 119 millions de km
taux d'accidents de référence	372 par année
kilométrage du trafic par année pendant la construction	référence + 0,58 millions de km
hausse (et taux d'augmentation) du nombre d'accidents (sans mesures d'atténuation)	2 accidents (0,5 %) par année

Perturbations causées par le bruit et les vibrations

Bruit

L'évaluation du bruit produit par la circulation concerne uniquement les véhicules motorisés pendant la période de construction seulement. Les véhicules utilisés à des fins d'entretien et d'inspection sont considérés comme ayant un effet négligeable sur les niveaux de trafic. Les principales sources de bruit propres aux véhicules motorisés sont les suivantes:

- le moteur
- l'interaction entre les pneus d'un véhicule et la surface de roulement

On prévoit que la quantité de bruit générée par les véhicules individuels utilisés dans le cadre du projet sera semblable à celle des véhicules déjà utilisés à Madagascar. Par conséquent, les changements dans les niveaux de bruit varieront en fonction du nombre de véhicules semblables sur les routes.

Le nombre total de véhicules sur la RN2 augmente de moins de 1 % pendant la construction. Les changements dans les divers types de véhicule varient de 0 % pour les voitures particulières et de moins de 1 % pour les autobus (transport de personnes) jusqu'à 2 % pour les camions de marchandises. Les changements relatifs à la circulation des camions et des autobus sont considérés plus important étant donné que des véhicules de plus grande dimension génèrent habituellement plus de bruit que des voitures particulières.

Les changements en matière de trafic peuvent également être exprimés du point de vue de l'environnement récepteur, à savoir le nombre de passages de véhicules par heure. Les véhicules émettent du bruit chaque fois qu'ils passent près d'un récepteur de bruit, chaque passage étant une occurrence de bruit. En supposant que 80 % de la circulation survienne à la lumière du jour (considéré comme étant de 14 heures par jour) et que le trafic lié au projet survienne aussi durant cette période, on peut s'attendre à un changement de un à quatre véhicules par heure. Sur la RN44 (la route Ampitambe-Moramanga), on peut s'attendre à un ou deux camions par heure. Cette analyse est présentée dans le tableau 5.5-5.

Tableau 5.5-5 Nombre de passages (occurrences de bruit) par heure, aux heures de clarté

Type de véhicule	Volume du trafic entre Moramanga et Toamasina sur une période de 24 heures (à la limite de Moramanga)		
	Minimum en semaine/weekend	Nombre attribuable au projet	Nombre total de passages par heure
voitures particulières	14	0	14
transport de personnes (autobus)	12	<1	12-13
transport de marchandises (camions)	20	<1	20-21
véhicules motorisés à deux roues	20	0	20
TOTAL	**66**	**<1**	**66-68**

Estmation faite en date de mai, 2005

Les changements aux niveaux de bruit sur les routes locales d'accès au pipeline dépendront du trafic actuel. En général, les niveaux de trafic actuels sont très faibles. En ce qui concerne la partie existante des routes, un accroissement du trafic lié au projet est attendu pendant la période de construction suivi d'une hausse des niveaux de bruit. Les niveaux de bruit du trafic sur les portions des nouvelles routes d'accès augmenteront assurément puisqu'il n'y a pas de trafic à l'heure actuelle. Le débit de circulation sur ces routes est faible, soit en moyenne moins d'un véhicule à l'heure ou six véhicules par jour durant la construction.

Vibrations

L'évaluation des vibrations produites par la circulation concerne les gros véhicules motorisés (autobus et camions de marchandises). Les principales sources de vibration des véhicules motorisés sont les suivantes:

- le contact des pneus avec les irrégularités de la surface de roulement (charge d'impact)
- l'oscillation de la suspension du véhicule ou le « piochage » du véhicule (charge oscillante ou « axle hop ») (Hunaidi, 2000)

La quantité de vibrations produites dépend de la vitesse du véhicule, de l'état de la chaussée et du type ou de l'état de la suspension du véhicule. Les véhicules utilisés dans le cadre du projet sont prévus être semblables aux autres véhicules de la même catégorie à Madagascar et respecteront les limites de vitesse affichées.

La route nationale 2 est une route revêtue généralement en bon état. Les routes qui traversent Toamasina et Moramanga sont très fréquentées et peuvent présenter davantage d'irrégularités (nids-de-poule et dommages découlant de l'usage) en raison des niveaux élevés de trafic. Les changements aux niveaux actuels de vibrations au sol dépendent de l'augmentation du nombre de véhicules liés au projet. Comme le démontre le tableau 5.5-5, moins d'un poids lourd par jour sur cette route est prévu. Ce qui représente une augmentation inférieure à 1 % pour ces types de véhicules.

Les changements en matière de vibrations au sol sur les routes d'accès au projet dépendront du niveau de trafic actuel et des conditions routières. Le niveau de trafic lié au projet sur ces routes est prévu être le même que sur la RN2 (moins d'un véhicule à l'heure). Il est prévu que la chaussée soit recouverte de gravier granoclassé. Il pourrait être nécessaire de prendre des mesures d'atténuation relatives à la vibration si des résidences sont situées près de la route (à moins de 200 m), dépendamment des vitesses et des conditions routières.

5.5.5.3 Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation comprennent les meilleures pratiques en matière de construction et d'opération en ce qui a trait aux impacts possibles sur le débit de la circulation, sur l'amélioration des routes visant à réduire les perturbations et les risques, de même qu'avec un code de bonne conduite pour la main d'œuvre concernant la conduite de véhicules et la sensibilisation du public. Les effets socioéconomiques d'un accroissement du trafic sur les voies d'accès sont traités dans la section socio-économique. Afin de réduire au minimum les impacts sociaux, la circulation sera acheminée sur de nouvelles routes qui seront construites en vue de faciliter l'utilisation prévue des véhicules.

Les mesures d'atténuation relatives au bruit et aux vibrations sont notamment:

- dans la mesure du possible, faire circuler les véhicules liés au projet pendant le jour, afin d'éviter les perturbations du sommeil dues à l'augmentation des occurrences de bruit durant la nuit (cette mesure a été étudiée dans le cadre de l'analyse)
- utiliser des gros véhicules (camions et autobus) en convois afin de réduire le nombre de perturbations par jour, si les récepteurs de bruit préfèrent cette option
- maintenir les véhicules en bon état afin de s'assurer qu'ils ne font pas plus de bruit que les autres véhicules semblables sur les routes

- s'assurer que les véhicules circulent à une vitesse réduite afin de limiter les charges d'impact et oscillantes lorsque des résidences se trouvent à proximité d'une route (à moins de 200 m).

5.5.6 Conclusions

La construction du pipeline entraînera un accroissement du trafic à court terme sur la RN2 à partir de Toamasina jusqu'aux voies d'accès au pipeline de pulpe, et des voies d'accès nouvelles ou déjà existantes jusqu'au pipeline. La circulation par camion et autobus augmentera d'environ 1 % sur les routes principales pendant la période de construction. Toutefois, puisque les camions et les autobus sont de grande dimension comparativement aux véhicules présentement utilisés, ils attireront l'attention des autres usagers de la route. L'ampleur de l'accroissement du trafic sur les routes secondaires sera plus grande en termes de pourcentage et entraînera probablement des impacts plus élevés.

Les mesures d'atténuation visant à réduire les impacts sur la circulation comprennent des limites de vitesse strictes, la construction et l'entretien adéquats des routes d'accès au site, l'entretien des véhicules et la sensibilisation des conducteurs.

Les niveaux de trafic accrus pendant la construction du pipeline peuvent affecter les résidences le long des routes, le bétail et la sécurité humaine en raison de l'engorgement des routes, du bruit, des émissions dans l'atmosphère, de la poussière et des vibrations. Bien que ces effets soient à court terme, ils représentent un impact moyen dans certaines régions, notamment la servitude du pipeline et ses routes d'accès.

6 PLAN DE REHABILITATION

Le tracé et le choix de l'emplacement du pipeline de pulpe sont discutés dans les sections 1 et 2 du volume C. La section 6.1 décrit le tracé spécifique au projet et les critères de sélection du site visant à atténuer les impacts environnementaux potentiels résultant du projet. La section 6.3 décrit les mesures d'atténuation générales appliquées lors de la construction alors que les autres sections décrivent les concepts de construction, les méthodes et les stratégies d'opération qui seront employés afin d'atténuer les impacts potentiels durant la phase de construction et la phase d'opération du projet. Les impacts potentiels sont essentiellement associés à la phase de construction du projet et, par conséquent, la majorité des mesures d'atténuation s'appliquent à cette phase. Ces stratégies d'atténuation seront adaptées de manière appropriée après la finalisation du tracé, de la localisation des sites et de la conception technique finale des installations.

Les enjeux potentiels anticipés lors de la construction du pipeline de pulpe et les mesures d'atténuation proposées sont présentés ci-dessous, au tableau 6-1.

La réhabilitation sera la principale mesure d'atténuation des perturbations au niveau du sol, des terrains et de la végétation. Les mesures d'atténuation impliqueront, entre autres, de mettre en œuvre une réhabilitation progressive afin de minimiser la zone perturbée nette, à tout moment du projet.

6.1 MISE EN ORDRE ET REHABILITATION

Le mise en ordre et la réhabilitation des zones perturbées seront menés simultanément aux phases de construction et d'opération, selon les besoins. Durant les activités de construction et d'opération, les débris industriels seront régulièrement retirés et transportés vers un site d'élimination approuvé. L'équipement et les matériaux non utilisés seront transportés dans des aires d'entreposage désignées ou hors site, comme il conviendra.

Les activités de mise en ordre et de réhabilitation suivantes seront réalisées, en fonction de chaque element d'aménagement et de réhabilitation du projet.

Tableau 6-1 Enjeux potentiels et mesures d'atténuation proposées pour la construction du pipeline de pulpe

Composante du projet	Enjeu potentiel	Mesure d'atténuation proposée
qualité de l'air	moins bonne qualité de l'air due aux émissions des équipements	- les équipements seront entretenus correctement
bruit	niveau de bruit accru	- les équipements seront entretenus correctement
terrain et sols	perte ou altération des sols et du terrain	- durant la saison des pluies, les activités sur le sol mouillé seront réduites - les sols de surface seront enlevés de manière appropriée et empilés en vue d'être réhabilités
	augmentation potentielle de l'érosion des sols	- construction prévue pendant la saison sèche - des techniques et des dispositifs de protection des sols (par exemple, remise en place des sols organiques, digues de dérivation et revégétalisation) seront utilisés de manière appropriée
	contamination potentielle des sols	- des procédures sécuritaires de stockage et de manipulation de matériaux seront utilisées - le matériel d'intervention en cas de déversement sera facilement disponible - les déversements seront isolés et nettoyés immédiatement
végétation	perte/altération des communautés végétales	- la largeur des servitudes sera minimisée là où ce sera possible - les zones qui ont déjà été défrichées seront utilisées, là où ce sera possible - la construction de servitudes près de routes adjacentes réduit la zone de défrichement - régénération naturelle favorisée par le biais de la remise en place de sols organiques,et l'ensemencement le long de la route
	perte/altération de plantes rares	- utilisation des zones qui ont déjà été défrichées, là où cela est possible
	perte/altération de ressources de bois d'œuvre	- la largeur des servitudes sera minimisée là où ce sera possible - les zones qui ont déjà été défrichées seront utilisées, là où ce sera possible - le bois marchand sera récupéré
	introduction de plantes nuisibles ou d'espèces envahissantes	- la revégétalisation naturelle sera favorisée - un mélange de semences utilisé pour la réhabilitation minimisera l'introduction de plantes nuisibles
faune	perte directe d'habitat	- la largeur des servitudes sera minimisée là où ce sera possible - utilisation des zones qui ont déjà été défrichées, là où cela est possible - la perte d'habitat vulnérable évitée par le choix du tracé des servitudes
	fragmentation accrue de l'habitat	- les routes de service doivent être adjacentes au pipeline - la régénération de la végétation offrira un nouvel habitat - la perte d'habitat vulnérable évitée par le choix du tracé des routes
	perte indirecte d'habitat due à des perturbations sensorielles	- la faune rencontrée aura droit de passage
	barrières physiques au déplacement de la faune	- des passages seront prévus dans les piles de résidus forestiers et amoncellements et les tranchées seront remblayées pour permettre le déplacement de la faune
	Harcèlement et mortalité accrue de la faune causé par la prédation et le braconnage	- le harcèlement de la faune ne sera pas toléré - la faune rencontrée aura droit de passage
hydrologie	altération des régimes d'écoulement des marais et de leur fonction	- le tracé sélectionné devra éviter les zones humides, là où ce sera possible

Table 6-1 Enjeux potentiels et mesures d'atténuation proposées pour la construction du pipeline de pulpe (suite)

Composante du projet	Enjeu potentiel	Mesure d'atténuation proposée
	le retrait de la végétation des cours d'eau et/ou la modification du lit des cours d'eau et des berges peuvent entraîner une érosion et une sédimentation accrues	- préservation de la végétation et du sol ripicoles en utilisant des méthodes de franchissement appropriées des cours d'eau vulnérables - promotion de la revégétalisation dans les zones riveraines perturbées - -des techniques et des dispositifs de protection des sols (par exemple, remise en place des sols organiques, digues de dérivation et revégétalisation) seront utilisés de manière appropriée
	sédimentation accrue provenant directement de l'activité immergée	- techniques de franchissement de cours d'eau adaptées en fonction de la vulnérabilité des cours d'eau
ressources aquatiques	perturbation, altération ou perte directe de l'habitat du poisson dans les cours d'eau	- techniques de franchissement de cours d'eau prenant en compte la vulnérabilité des poissons - l'activité immergée sera réalisée aussi vite que possible - des ponts temporaires seront utilisés au besoin - les pieux de pont seront installés en dehors du chenal des cours d'eau
	sédimentation accrue en raison des perturbations se produisant entre le lit du cours d'eau et le sommet de la berge	- la largeur des servitudes sera minimisée au niveau des franchissements de cours d'eau - la végétation riveraine sera préservée là où ce sera possible - le contour naturel des rives perturbées sera restauré et stabilisé
	baisse de la qualité de l'eau en raison des déversements	- des méthodes sécuritaires de stockage et de manipulation de matériau seront utilisées - le matériel d'intervention en cas de déversement sera facilement disponible - les déversements seront isolés et nettoyés immédiatement

6.1.1 Emprise des routes et du pipeline de pulpe

Le tracé de la tranchée et autres zones de perturbations, comme les zones de coupe et remblai, seront réaménagés pour se confondre avec le terrain environnant. La terre meuble issue de la tranchée sera remise en place et initialement laissée comme une butte de terre élevée, afin de compenser pour les tassements potentiels. La terre végétale récupérée ou les matières organiques seront redistribuées sur les zones perturbées afin de favoriser la stabilité du site et la croissance de la végétation. Des activités supplémentaires de réhabilitation, spécifiques à chaque site, peuvent consister à remettre en place les débris forestiers récupérés ou autre matière organique.

Des portions de la route peuvent être utilisées pour le transport, tout au long de la durée de vie du projet, et possiblement au-delà, et par conséquent, elles peuvent être soumises à des perturbations chroniques liées à la circulation des véhicules et à la maintenance. Les zones non utilisées des servitudes de la route (c.-à-d. les fossés) pourront être revégétalisées afin de favoriser la stabilité du site, tout en maintenant la sécurité et l'intégrité structurelle.

6.1.2 Bancs d'emprunt

Les pentes des bancs d'emprunt seront corrigées et/ou aménagés en terrasse si nécessaire afin de favoriser la stabilité du site. La remise en place des débris forestiers et le réensemencement (si requis) pour les bancs d'emprunt se feraient conformément à ce qui est décrit ci-dessus pour la réhabilitation des autres sites.

6.1.3 Franchissement de cours d'eau

Si les rives, aux franchissements de cours d'eau, sont perturbées par inadvertance, celles-ci seront réaménagées et ensemencées afin de favoriser la croissance de la végétation pour la stabilité et/ou soutenues par enrochement (gros blocs utilisés pour la lutte contre l'érosion), au besoin.

6.1.4 Déversements

Si une contamination de surface devait se produire accidentellement suite à des déversements ou des rejets, le lieu affecté serait évalué et des techniques de restauration appropriées seraient mises en œuvre. Le lieu affecté serait restauré afin qu'il retrouve ses capacités naturelles.

6.1.5 Revégétalisation

La revégétalisation naturelle sera encouragée partout sur la zone du projet. Les types de semence qui sont actuellement disponibles en quantité suffisante sont souvent des espèces agronomiques hautement compétitives, non-natives et qui peuvent prévaloir sur la régénération et la recolonisation de la flore native, en particulier durant les premiers stades de succession secondaire. Par conséquent, afin de maintenir l'intégrité écologique de la zone concernée par le projet, seuls les sites perturbés susceptibles d'être affectés par l'érosion, seront ensemencés (c.-à-d. les rives des cours d'eau).

Immédiatement après la construction, une restauration additionnelle de la forêt s'effectuera au long de la servitude du pipeline entre la limite du site de l'usine de la mine et le point kilométrique 2 du pipeline, et entre les points kilométriques 16 et 26 du pipeline. Ces segments sont particulièrement importants puisqu'ils sont à proximité de zones de haute qualité du corridor forestier et du marais de Torotorofotsy. La revégétalisation rapide de ces segments de servitude permettra de maintenir la connectivité de l'habitat et les effets visuels seront minimisés. Dans ces zones, l'objectif sera de restaurer la forêt zonale indigène, par le biais d'une série de phases de revégétalisation avec, pour commencer, la couverture du sol pour la lutte contre l'érosion. Tel que décrit dans le volume C, section 4.1, il

se peut qu'un programme de recherche soit lancé afin d'investiguer les chances de succès des différentes techniques de réhabilitation.

Sur les terrains plats ou peu inclinés, ainsi qu'à des endroits spécifiés, les débris forestiers seront remis en place afin de minimiser l'érosion et de favoriser la revégétalisation naturelle au moyen de la banque de semences du sol et à partir des zones adjacentes. La réhabilitation et la régénération de la flore sur les routes d'accès et les zones non utilisées de la route et des bancs d'emprunt, seront améliorées par les semences et autres propagules contenus dans la banque de semences naturelles (portion supérieure du profil pédologique), ainsi que par la colonisation et l'empiètement naturels des communautés végétales non perturbées adjacentes.

Les zones exposées et les pentes raides seront revégétalisées avec un mélange de semences qui demande peu ou pas d'entretien, capables de contrôler l'érosion et appropriées à la région. Il est suggéré qu'une herbe, le vétiver (*Vetivera zizanioides*) soit plantée le long des pentes (en suivant les courbes de niveau) (NRC 1993). D'autres espèces peuvent être plantées entre les bandes de vétiver.

Un programme de surveillance sera mis en place afin de déterminer le succès de la revégétalisation naturelle. Si la régénération naturelle n'est pas suffisante, un réensemencement sera réalisé sur les sites sélectionnés.

L'efficacité des efforts de réhabilitation sera surveillée jusqu'à ce que des conditions de réhabilitation satisfaisantes soient atteintes. Des inspections de site auront lieu régulièrement afin d'évaluer le travail de réhabilitation et entamer une procédure de réhabilitation corrective si nécessaire.

6.2 DEMANTELEMENT ET ABANDON

Tous les sites associés au projet seront stabilisés et réhabilités à un état qui atténuera les impacts résiduels, favorisera la revégétalisation et ne nuira pas aux activités d'occupation des sols en cours avant les perturbations. Toutes les portions enfouies du pipeline seront drainées et abandonnées sur place et les portions exposées du pipeline seront retirées et récupérées. Les normes internationales applicables pour l'abandon d'infrastructures (SFI, Banque mondiale) en vigueur au moment de l'abandon, seront respectées.

Après le démantèlement et l'abandon satisfaisants des infrastructures du projet, et après les activités pertinentes de mise en ordre et de réhabilitation décrites plus tôt, le démantèlement final aura lieu.

Les décisions en matière d'abandon de route, seront prises en collaboration avec les autorités locales et les parties prenantes. Si les routes doivent être abandonnées, des mesures de lutte contre l'érosion seront mises en place, les structures de franchissement de cours d'eau seront retirées et les surfaces des chaussées pourront être revégétalisées. Les drains transversaux, les fossés parallèles et les digues de dérivation seront installés sur les pentes réhabilitées sujettes à l'érosion hydrique, afin de détourner le ruissellement vers des zones végétalisées adjacentes à la servitude.

6.3 MESURES D'ATTENUATION GENERALES POUR LA CONSTRUCTION

Les mesures d'atténuation générales qui s'appliquent au projet sont les suivantes :

- Les autorités concernées, les communautés et les occupants du sol, seront informés de tous les calendriers d'exécution des travaux de construction.
- Les communautés locales seront notifiées afin que tous ceux qui utilisent la zone, soient au courant des activités de construction et afin que la zone puisse être évitée ou des mesures de précaution appropriées puissent être mises en place.
- Les occupants du sol identifiés seront informés du calendrier d'exécution des travaux de construction au moins deux semaines avant le défrichement ou autre travail de construction.
- Toutes les activités de construction seront limitées à la servitude, aux sites et autres espaces de travail désignés.
- La circulation lors des activités de construction sera limitée à la servitude ainsi qu'aux accès existants et aux déviations appropriées. Toutes les réglementations en matière de sécurité et de fermeture de route seront respectées pendant les activités de construction.
- Les opérateurs de véhicule et d'équipement respecteront les vitesses prescrites et seront avisés de la possibilité de rencontrer des animaux sauvages sur les routes d'accès et la servitude. La faune rencontrée aura droit de passage.
- Tout équipement de construction opérant sur le site sera en bon état de fonctionnement et exempts de fuites de carburant ou de liquide hydraulique.

6.3.1 Récupération du bois d'œuvre

Le bois marchand coupé sur la servitude et les autres sites sera récupéré conformément à ce qui est demandé par les autorités locales et régionales.

6.3.2 Essouchement et décapage

L'essouchement et l'enlèvement des matériaux restant à la surface de la servitude sont effectués une fois que le défrichement est achevé. L'essouchement et le décapage seront réalisés sur la servitude de la route afin de préparer le terrain pour le creusement des fossés, le terrassement et/ou le remblai des routes. Les méthodes à suivre pour l'atténuation des impacts, sont décrites ci-dessous.

- Toutes les matières résultant de l'essouchement et du décapage seront empilées et stockées dans les limites de la servitude afin d'être utilisées au moment de la réhabilitation ou en vue de leur mise au rebut.
- Dans certaines zones de la servitude du pipeline de pulpe, la méthode consistant à remettre en place les sols organiques, sera utilisée pour la stabilisation des sols et la lutte contre l'érosion, tel que spécifié.
- L'essouchement et le décapage seront évités, si possible, dans les zones vulnérables telles que les rives des cours d'eau, les zones de rives et les sections organiques profondes.
- Les profondeurs de décapage seront identifiées et documentées afin de guider la récupération et, par la suite, le remise en place du sol.
- Les sols enlevés seront mis en pile à la lisière de l'emprise pour être ultérieurement utilisés pour la réhabilitation. La végétation naturelle pourra s'établir sur les matières empilées afin d'empêcher l'érosion.

6.3.3 Stabilité du sol et lutte contre l'érosion

La principale mesure d'atténuation des impacts au niveau des sols et des terrains, est de minimiser la quantité et l'étendue des perturbations en tout temps. Afin d'atténuer l'érosion potentielle des sols durant la construction, le sol sera exposé au minimum, particulièrement en cas de pluie et près des cours d'eau. En cas de temps très pluvieux, le travail sera réduit afin d'éviter l'orniérage et la formation de pistes de boue sur la route.

Les techniques d'atténuation suivantes seront utilisées durant la construction dans les zones présentant des risques potentiels d'instabilité du sol et des risques d'érosion :

- Les zones préoccupantes, telles que les zones de rives, seront défrichées à la main afin d'empêcher les perturbations potentielles que l'équipement lourd pourrait causer à la végétation et aux sols.
- La végétation naturelle sera retenue près des franchissements de cours d'eau aussi longtemps que possible durant la construction, afin de réduire le temps d'exposition du sol dénudé.
- Les excavations seront aussi peu profondes que possible, tout en respectant les normes géométriques de construction.
- Les zones préoccupantes seront protégées par enrochement, par des géotextiles ou autres méthodes, selon les besoins.
- Les drains transversaux, les fossés parallèles et les digues de dérivation seront installés sur les pentes perturbées, sujettes à l'érosion hydrique, afin de détourner le ruissellement vers des zones végétalisées adjacentes à la servitude.
- Des digues de dérivation seront construites afin de minimiser la vitesse d'écoulement de l'eau de ruissellement et elles s'étendront du tracé de la tranchée jusqu'à la limite non perturbée de la servitude.
- La construction et la réhabilitation seront réalisées de manière séquentielle, minimisant ainsi en tout temps l'étendue de la zone perturbée..

6.3.4 Franchissements de cours d'eau

Les considérations générales en matière de mesures d'atténuation des impacts au niveau des franchissements de cours d'eau, des rives des cours d'eau et des zones riveraines, sont décrites ci-dessous.

- Les cours d'eau, les zones de gestion des rives et les zones de restriction de la machinerie seront identifiés sur des plans/sections. Les zones de restriction de la machinerie seront identifiées.
- La largeur du défrichement sera réduite au minimum requis pour la construction d'un franchissement d'un cours d'eau ou d'un plan d'eau identifiés comme étant vulnérables.
- Les déchets, comprenant les rebuts de l'essouchement et du décapage, ne seront pas empilés dans des zones susceptibles de bloquer l'écoulement des eaux.

- Des structures de franchissement temporaires tel que des ponts sur plate-forme ou des ponts faits de billes de bois seront utilisées pour le franchissement initial de cours d'eau. Des ponts temporaires avec portée libre seront utilisés pour le franchissement initial des cours d'eau abritant des poissons.
- Des structures de ponts permanentes seront utilisées sur tous les cours d'eau abritant des poissons et traversés par la route le long de la servitude du pipeline.
- Les méthodes de franchissement de cours d'eau sans tranchée, si elles sont applicables sur le plan technique, seront considérées pour les cours d'eau abritant des poissons considérés vulnérables.

7 PLANS DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET DE DEVELOPPEMENT SOCIAL

Cette section décrit dans leurs grandes lignes un nombre sélectif de mesures d'atténuation et de surveillance qui fera partie des plans de gestion spécifiques au pipeline de pulpe. Des descriptions plus détaillées sont fournies dans les sections relatives à l'atténuation et à la surveillance de l'évaluation environnementale spécifique à chaque discipline considérée. Le cadre général du plan de gestion environnementale et de développement social est présenté dans la section 6 du volume H. Les mesures d'atténuation et la surveillance se subdivisent en trois sections : la section 7.1 présente le travail clé à effectuer avant la construction; la section 7.2 présente les activités à exécuter dans le cadre des plans de gestion clés pendant la phase d'opération; et la section 7.3 présente les activités à entreprendre dans le cadre des plans de gestion clés pendant les phases de réhabilitation et de fermeture.

7.1 ETUDES DE PRE-CONSTRUCTION

7.1.1 Plan de gestion de l'eau

Un recensement des franchissements de cours d'eau sera mené avant le démarrage de la construction du pipeline pour déterminer les caractéristiques hydrologiques, les profondeurs d'affouillement potentielles ainsi que les meilleurs emplacements et les meilleures technologies pour la construction des ouvrages de franchissement.

7.1.2 Plans de gestion de la faune et de la flore

Les contrôleurs environnementaux auront la charge, avant les travaux de construction, d'aider à la mise au point du tracé ou l'application des mesures d'atténuation visant à minimiser les perturbations des espèces de flore et de faune vulnérables.

7.1.3 Plan de gestion des poissons et du milieu aquatique

Les contrôleurs environnementaux auront la charge, avant les travaux de construction, d'évaluer les franchissements de cours d'eau en rapport avec les habitats aquatiques vulnérables des poissons et d'autres espèces. Ceci facilitera l'identification des mesures d'atténuations des impacts sur ces habitats ou, s'il y a lieu, des technologies de construction spéciales pour les ouvrages de franchissement.

7.2 ACTIVITES DURANT LES PHASES DE CONSTRUCTION ET D'OPERATION

7.2.1 Plan d'intervention d'urgence

Le pipeline fera l'objet d'inspections régulières pendant la phase d'exploitation pour détecter tout signe d'érosion, de mouvement de pente, d'exposition du pipeline ou tout autre signe de risque potentiel sur l'intégrité du pipeline. Un système de détection de fuite doté d'un mécanisme de surveillance de la pression sera implanté pour constater et localiser rapidement une fuite éventuelle du pipeline. Des plans seront mis en place pour contenir la portée et l'impact d'une fuite éventuelle. Un plan d'intervention d'urgence et de nettoyage des déversements ou émissions pendant les phases de construction et d'opération sera élaboré.

7.2.2 Plan de gestion des poissons et du milieu aquatique

Des tranchées ou des techniques d'isolation du pipeline au niveau des franchissements seront mises en place dans les habitats vulnérables pour les poissons afin de limiter les travaux dans l'eau et la perturbation des milieux aquatiques ou riverains. Elles permettront également de contrôler les niveaux des matières en suspension (MES) pour protéger les habitats aquatiques et le biote. Le suivi de l'efficacité et de l'intégrité des mesures d'atténuation et de réhabilitation du site sera assuré pendant les phases de construction et d'exploitation afin de protéger les ressources en aval. Les procédures de récupération et d'évitement des poissons seront appliquées dans les franchissements abritant des communautés d'espèces de poissons endémiques, rares ou d'importance locale.

7.2.3 Plan de développement des ressources humaines

Une Initiative de développement des ressources locales (IDRL) sera élaborée et comprendra des programmes de formation couvrant les besoins spécifiques du projet. Les habitants des communautés établies le long du tracé du pipeline seront intégrés de manière préférentielle à de tels programmes en ce qui concerne les travaux de construction du pipeline.

7.2.4 Autres activités de gestion socio-économique

Les perturbations de l'agriculture, de l'accès ou des habitations le long du tracé du pipeline de pulpe pendant et après la phase de construction seront

dédommagées (en plus des réinstallations ou acquisitions foncières qui s'avèreront nécessaires).

Un programme de prévention du VIH/SIDA sera développé et mis en œuvre avant le démarrage des travaux de construction du projet.

7.3 ACTIVITES DE FERMETURE ET DE REHABILITATION

7.3.1 Plan de gestion de la faune et de la flore

Dès la fin de la phase de construction, en effort de végétalisation sera immédiatement entrepris sur des portions du corridor du pipeline de pulpe (environ aux kilomètres 0 à 2 et 16 à 26), l'objectif étant de reconstituer une forêt zonale. Les routes d'inspection ne seront pas maintenues le long du pipeline dans ces secteurs. Cet effort vise à maintenir la connectivité entre les habitats des zones clés et à appuyer les initiatives de conservation régionales. Des essais scientifiques de remise en état seront menés dans le cadre des activités de végétalisation de ces zones dans le but d'améliorer les techniques de réhabilitation.