

Volume D 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

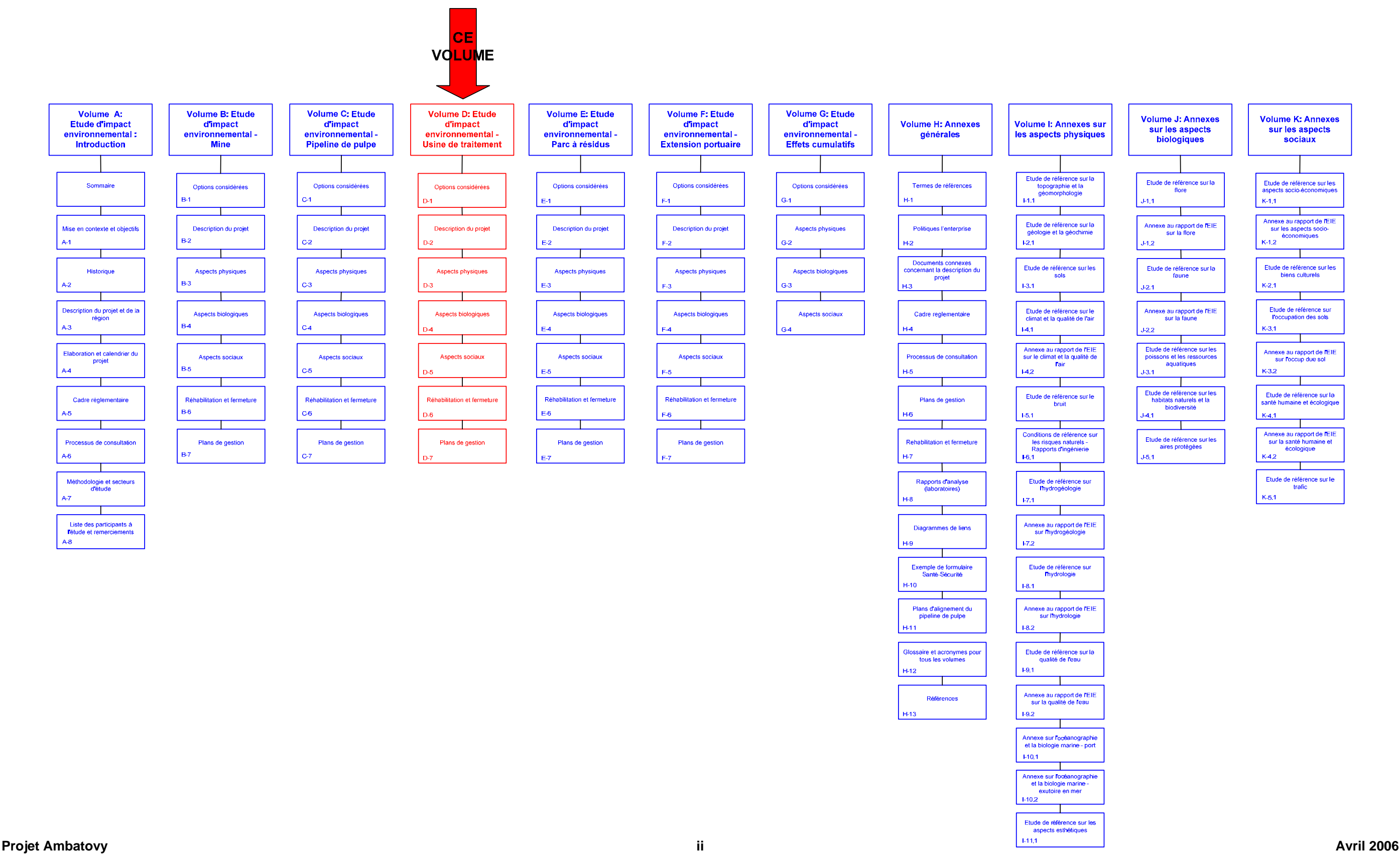


TABLE DES MATIERES

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 OPTIONS CONSIDEREES	1
2 DESCRIPTION DU PROJET	5
2.1 INTRODUCTION	5
2.2 USINE DE LIXIVIATION	5
2.3 USINES CONNEXES	9
2.4 GESTION DE L'EAU	13
2.5 GESTION DES DECHETS	13
3 PHYSIQUES	15
3.1 TOPOGRAPHIE ET GEOMORPHOLOGIE	15
3.1.1 Introduction	15
3.1.2 Secteur d'étude	15
3.1.3 Résumé de l'étude de référence	15
3.1.4 Portée des enjeux	16
3.1.5 Evaluation des impacts	16
3.2 SOLS	20
3.2.1 Introduction et secteur d'étude	20
3.2.2 Résumé de l'étude de référence	20
3.2.3 Evaluation des impacts	21
3.2.4 Conclusions	27
3.3 CLIMAT ET QUALITE DE L'AIR	28
3.3.1 Introduction	28
3.3.2 Limites d'évaluation	29
3.3.3 Méthodes d'évaluation	30
3.3.4 Résumé de l'étude de référence	34
3.3.5 Evaluation des impacts	36
3.3.6 Conclusions	50
3.4 BRUIT	52
3.4.1 Introduction	52
3.4.2 Secteurs d'étude	52
3.4.3 Résumé de l'étude de référence	53
3.4.4 Evaluation des impacts	54
3.4.5 Conclusions	65
3.5 RISQUES NATURELS	66
3.5.1 Introduction	66
3.5.2 Secteur d'étude	66
3.5.3 Résumé de l'étude de référence	66
3.5.4 Portée des enjeux	67
3.5.5 Evaluation des impacts	68
3.6 HYDROGEOLOGIE	73
3.6.1 Géologie	73
3.6.2 Hydrogéologie	73
3.6.3 Impacts sur les eaux souterraines	74
3.7 HYDROLOGIE	76
3.7.1 Introduction	76
3.7.2 Secteur d'étude	76
3.7.3 Résumé de l'étude de référence	76

3.7.4	Portée des enjeux	76
3.7.5	Evaluation des impacts	77
3.7.6	Analyse des impacts	78
3.7.7	Conclusions.....	79
3.8	QUALITE DE L'EAU	80
3.8.1	Introduction	80
3.8.2	Secteur d'étude	80
3.8.3	Résumé de l'étude de référence.....	81
3.8.4	Portée des enjeux	84
3.8.5	Evaluation des impacts	85
3.9	ASPECTS ESTHETIQUES	91
3.9.1	Introduction	91
3.9.2	Secteur d'étude	91
3.9.3	Résumé de l'étude de référence.....	91
3.9.4	Portée des enjeux	92
3.9.5	Evaluation des impacts	93
3.9.6	Conclusions.....	100
4	BIOLOGIQUES	101
4.1	FLORE.....	101
4.1.1	Introduction	101
4.1.2	Secteur d'étude	101
4.1.3	Résumé de l'étude de référence.....	101
4.1.4	Portée des enjeux	103
4.1.5	Question clé FL-1 : Quel effet l'usine de traitement aura-t-elle sur la perte ou l'altération des communautés de plantes ?	105
4.2	FAUNE.....	111
4.2.1	Introduction	111
4.2.2	Secteur d'étude	111
4.2.3	Résumé de l'étude de référence.....	112
4.2.4	Evaluation des impacts	114
4.3	POISSONS ET RESSOURCES AQUATIQUES	132
4.3.1	Introduction	132
4.3.2	Secteur d'étude	132
4.3.3	Résumé de l'étude de référence.....	132
4.3.4	Portée des enjeux	135
4.3.5	Question clé FA-1: Quel effet le projet aura-t-il sur les habitats aquatiques, l'abondance du biote aquatique et la capture locale de poissons ou de biote aquatique?	136
4.3.6	Conclusions.....	144
4.4	HABITATS NATURELS ET BIODIVERSITE	157
4.4.1	Introduction	157
4.4.2	Secteur d'étude	158
4.4.3	Résumé de l'étude de référence.....	158
4.4.4	Evaluation des impacts	161
4.4.5	Conclusions.....	175
4.5	AIRES PROTEGEES.....	176
4.5.1	Introduction	176
4.5.2	Secteur d'étude	176
4.5.3	Résumé de l'étude de référence.....	176
4.5.4	Portée des enjeux	177
4.5.5	Evaluation des impacts	177
4.5.6	Conclusions.....	180

5	SOCIAUX	181
5.1	ASPECTS SOCIOECONOMIQUES.....	181
5.1.1	Introduction et secteur d'étude.....	181
5.1.2	Evaluation des impacts	186
5.1.3	Résumé	190
5.2	BIENS CULTURELS.....	207
5.2.1	Introduction	207
5.2.2	Secteur d'étude	207
5.2.3	Résumé de l'étude de référence.....	207
5.2.4	Portée des enjeux	210
5.2.5	Evaluation des impacts	211
5.3	OCCUPATION DU SOL	215
5.3.1	Introduction	215
5.3.2	Secteur d'étude	215
5.3.3	Résumé de l'étude de référence.....	215
5.3.4	Portée des enjeux	217
5.3.5	Méthodologie d'évaluation	217
5.3.6	Evaluation des impacts	217
5.3.7	Mesures d'atténuation.....	219
5.3.8	Conclusions.....	219
5.4	SANTE HUMAINE ET ECOLOGIQUE	220
5.4.1	Introduction	220
5.4.2	Secteurs d'étude	220
5.4.3	Résumé de l'étude de référence.....	220
5.4.4	Evaluation des impacts	221
5.4.5	Conclusions.....	228
5.5	TRAFIC.....	229
5.5.1	Introduction	229
5.5.2	Secteur d'étude	229
5.5.3	Résumé de l'étude de référence.....	229
5.5.4	Portée des enjeux	230
5.5.5	Changements du trafic.....	231
5.5.6	Conclusions.....	239
6	PLAN DE REHABILITATION ET DE FERMETURE	240
7	PLANS DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET DE DEVELOPPEMENT	
	SOCIAL	241
7.1	ACTIVITES PENDANT LES PHASES DE CONSTRUCTION ET	
	D'EXPLOITATION	241
7.1.1	Plan de gestion de l'eau.....	241
7.1.2	Plan de gestion de la qualité de l'air	241
7.1.3	Plan de développement des ressources humaines	241
7.1.4	Plan d'achat	241
7.1.5	Autres activités de gestion socio-économique.....	242
7.1.6	Plan d'intervention d'urgence.....	242

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1-1	Analyse des options – Sélection du procédé de traitement, récupération du nickel	1
Tableau 1-2	Analyse des options – Alimentation en électricité et en vapeur	2
Tableau 1-3	Analyse des options – Emplacement de l'usine de traitement	3
Tableau 1-4	Analyse des options – Sources d'eau avérées pour l'usine	3
Tableau 1-5	Analyse des options – Emplacement de la raffinerie	4
Tableau 3.1-1	Critères de description des impacts sur la topographie et la géomorphologie	17
Tableau 3.1-2	Effets potentiels et impacts résiduels sur la topographie et la géomorphologie	18
Tableau 3.1-3	Classification des impacts résiduels sur la topographie et la géomorphologie	19
Tableau 3.2-1	Matrice d'interactions du projet	22
Tableau 3.2-2	Critères d'évaluation pour les sols	24
Tableau 3.2-3	Perturbation des sols et des types de végétation dans le secteur du site de l'usine	26
Tableau 3.2-4	Classification de l'impact résiduel pour les sols	26
Tableau 3.3-1	Emplacement des communautés situées près de l'usine de traitement	30
Tableau 3.3-2	Critères de la qualité de l'air ambiant	32
Tableau 3.3-3	Critères de description des impacts sur la qualité de l'air	33
Tableau 3.3-4	Classification de l'intensité concernant la qualité de l'air	34
Tableau 3.3-5	Système d'évaluation préliminaire de la conséquence sur l'environnement concernant la qualité de l'air	34
Tableau 3.3-6	Résumé des émissions atmosphériques de l'usine de traitement	39
Tableau 3.3-7	Prévisions maximales de la qualité de l'air au niveau du sol dans le secteur d'étude de l'usine de traitement	40
Tableau 3.3-8	Prévisions des concentrations maximales de SO ₂ dans les communautés	41
Tableau 3.3-9	Prévisions des concentrations maximales de NO ₂ dans les communautés	42
Tableau 3.3-10	Prévisions des concentrations maximales de matières particulaires dans les communautés	43
Tableau 3.3-11	Prévisions des concentrations maximales de H ₂ S dans les communautés	44
Tableau 3.3-12	Prévision d'odeurs sur 1 heure et de pointe dans les communautés	46
Tableau 3.3-13	Classification des impacts résiduels sur la qualité de l'air	48
Tableau 3.3-14	Résumé des émissions de gaz à effet de serre de l'usine de traitement	49
Tableau 3.3-15	Emissions nationales de gaz à effet de serre de Madagascar	50
Tableau 3.3-16	Classification d'impact moyen pour l'usine de traitement	51
Tableau 3.4-1	Résumé des niveaux de bruit actuels, usine de traitement du projet Ambatovy	54
Tableau 3.4-2	Emissions sonores de l'usine de traitement	59
Tableau 3.4-3	Niveaux de bruit prévus, usine de traitement et parcs à résidus	60
Tableau 3.4-4	Comparaison des niveaux de bruit prévus aux critères de la Banque mondiale, site de l'usine de traitement	61
Tableau 3.4-5	Changements escomptés par rapport aux niveaux de bruit de référence, site de l'usine de traitement	61
Tableau 3.4-6	Classification des impacts résiduels - bruit	63
Tableau 3.5-1	Description des critères de risque associés à l'usine de traitement	69
Tableau 3.7-1	Changements du débit de la rivière Ivondro attribuables au prélèvement pour l'usine de traitement	77

Tableau 3.7-2	Classification des impacts résiduels sur l'hydrologie	78
Tableau 3.8-1	Système de classification de Madagascar pour la qualité des eaux de surface.....	82
Tableau 3.9-1	Points de vue clés: site de l'usine de traitement	92
Tableau 3.9-2	Critères de description des impacts sur les aspects esthétiques	93
Tableau 3.9-3	Hauteur des structures (usine de traitement).....	94
Tableau 3.9-4	Effets potentiels et impacts résiduels sur les aspects esthétiques	98
Tableau 3.9-5	Classification des impacts résiduels sur les aspects esthétiques.....	99
Tableau 4.1-1	Critères de description des impacts sur les communautés végétales	106
Tableau 4.1-2	Changement dans la superficie occupée par les types de végétation en raison du défrichement dans le secteur local d'étude de l'usine	107
Tableau 4.1-3	Classification des impacts résiduels concernant la perte ou l'altération des communautés végétales	109
Tableau 4.2-1	Critères de description des impacts sur la faune	118
Tableau 4.2-2	Changement (en %) de superficie de l'habitat résultant du défrichement dans le secteur local d'étude de Toamasina	120
Tableau 4.2-3	Réduction de l'écoulement de l'eau résultant de changements dans l'hydrologie du secteur local d'étude de Toamasina	121
Tableau 4.2-4	Classification des impacts résiduels associés à la perte directe d'habitat	122
Tableau 4.2-5	Impact (ha) sur les habitats associé au bruit généré par le projet dans le secteur local d'étude	127
Tableau 4.2-6	Habitats (ha) situés à l'intérieur des 100 m de la zone d'effets de lisière du secteur local d'étude de Toamasina	128
Tableau 4.2-7	Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la perte indirecte d'habitat	129
Tableau 4.2-8	Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la mortalité directe.....	132
Tableau 4.2-9	Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la fragmentation et aux obstacles au mouvement	138
Tableau 4.2-10	Classification des impacts résiduels sur la santé de la faune.....	142
Tableau 4.3-1	Espèces de poissons relevés dans le secteur d'étude de Toamasina (Usine de traitement et parc à résidus) en 2004-2005.....	134
Tableau 4.3-2	Critères de description des impacts sur les poissons et les ressources aquatiques.....	138
Tableau 4.3-3	Effets potentiels et impacts résiduels.....	143
Tableau 4.3-4	Classification des impacts résiduels concernant les effets sur les poissons et les ressources aquatiques	143
Tableau 4.4-1	Richesse en espèces, endémisme et statut de conservation de la flore, des reptiles et amphibiens, des oiseaux et des poissons dans le secteur local d'étude de Toamasina	159
Tableau 4.4-2	Données de fragmentation par classes d'occupation du sol dans le secteur local d'étude de Toamasina	160
Tableau 4.4-3	Emplacement de l'information relative à l'analyse des impacts.....	163
Tableau 4.4-4	Résumé des impacts potentiels sur les habitats naturels et la biodiversité	165
Tableau 4.4-5	Critères de description des impacts pour les habitats naturels et la biodiversité	167
Tableau 4.4-6	Changement (%) dans les paramètres du paysage par suite de l'aménagement complet de l'infrastructure du projet par rapport aux conditions de référence pour les habitats naturels et les superficies d'occupation du sol dans le secteur local d'étude.....	170
Tableau 4.4-7	Classification des impacts résiduels pour les habitats naturels et la biodiversité	173

Tableau 4.5-1	Critères de description des impacts sur les aires protégées	178
Tableau 4.5-2	Effets potentiels et impacts résiduels sur les aires protégées	179
Tableau 4.5-3	Classification des impacts résiduels sur les aires protégées.....	180
Tableau 5.1-1	Mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives	183
Tableau 5.1-2	Matrice des impacts des installations du parc à résidus, de l'usine de traitement et du port	191
Tableau 5.2-1	Types potentiels de sites culturels dans le secteur d'étude utilisé pour les ressources culturelles	208
Tableau 5.2-2	Critères de description des impacts sur les ressources culturelles	211
Tableau 5.2-3	Effets potentiels et impacts résiduels sur les ressources culturelles	212
Tableau 5.2-4	Procédure générale pour déplacer des tombeaux.....	213
Tableau 5.3-1	Zones d'impact sur l'occupation du sol du secteur local d'étude de l'usine de traitement	218
Tableau 5.4-1	Comparaison entre la qualité de l'air prévue durant l'exploitation de l'usine de traitement et les lignes directrices pour la qualité de l'air	225
Tableau 5.4-2	Classification des impacts résiduels sur la santé humaine et la qualité du milieu aquatique – usine de traitement	228
Tableau 5.5-1	Etude sur les niveaux de trafic de référence.....	230
Tableau 5.5-2	Nombre de véhicules par jour ^(a)	233
Tableau 5.5-3	Kilomètres-véhicule par année	234
Tableau 5.5-4	Changements dans le nombre d'accidents attribuables au projet.....	235
Tableau 5.5-5	Nombre de passages (occurrences de bruit) par heure, aux heures de clarté.....	237

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1-1	Emplacement de l'usine de traitement.....	6
Figure 2.1-2	Plan d'implantation proposé	7
Figure 2.1-3	Schéma de procédé - Usine de traitement	8
Figure 2.1-4	Bilan hydrique moyen - Usine de traitement.....	14
Figure 3.3-1	Rose des vents de Toamasina (2001 à 2003).....	35
Figure 3.4-1	Arbre de décision de l'intensité de l'impact sur le bruit.....	58
Figure 3.4-2	Niveaux de bruit prévus pour l'usine de traitement	62
Figure 3.9-1	Analyse du panorama de l'usine de traitement	95
Figure 3.9-2	Vue en plan d'un modèle préliminaire de l'usine de traitement.....	97
Figure 5.2-1	Vue de l'usine et emplacement des sites archéologiques et culturels	209
Figure 5.3-1	Zones d'impact sur l'occupation du sol du sous-secteur local d'étude de l'usine de traitement.....	216

1 OPTIONS CONSIDEREES

Plusieurs options relatives à l'usine de traitement, qui constitue un élément du projet Ambatovy (le projet), ont été analysées par les promoteurs du projet. Les avantages et désavantages de chacune de ces options pour cet élément spécifique du projet a été examinée quant à l'ingénierie, au coût relatif et aux aspects environnementaux et sociaux. La désignation d'une option privilégiée a, dans certains cas, éliminé ou réduit les options disponibles des autres éléments du projet. Au cours de la conception du projet, on a étudié des options à l'égard des éléments de l'usine suivants:

- sélection du procédé de traitement, récupération du nickel
- alimentation en électricité et en vapeur
- emplacement de l'usine de traitement
- sources d'eau
- emplacement de la raffinerie

Les options analysées pour chaque élément de l'usine de traitement sont résumées aux tableaux 1-1 à 1-5. Le système de classification des critères présentés est purement relatif et permet d'établir un résumé des analyses des options examinées.

Tableau 1-1 Analyse des options – Sélection du procédé de traitement, récupération du nickel

Option	Ingénierie	Coût relatif	Environnemental	Social
lixiviation acide sous pression (LASP): procédé de lixiviation à l'acide sulfurique à température et pression élevées (option privilégiée)	meilleure récupération de métal	faible coût en capital, faibles coûts d'exploitation	impact minime	impact négatif minime
procédé Caron: réduction, calcination et lixiviation ammoniacale	ne convient pas à ce gisement (plus faible récupération de métal)	coût en capital et coûts d'exploitation moyens	impact équivalent	impact équivalent
fusion	ne s'applique pas à ce gisement	ne s'applique pas	ne s'applique pas	ne s'applique pas

Tableau 1-2 Analyse des options – Alimentation en électricité et en vapeur

Option	Ingénierie	Coût relatif	Environnemental	Social
au charbon (option privilégiée)	efficacité et disponibilité moyennes	coût en capital moyen, coûts d'exploitation plus faibles	qualité de carburant moyenne, génère des gaz à effet de serre, SO ₂ /NO _x	impact minime cheminée potentiellement visible
au mazout/diesel	efficacité moyenne/plus élevée disponibilité plus élevée phase de construction courte	coût en capital plus faible, coûts d'exploitation moyens	plus haute qualité de carburant, génère des gaz à effet de serre, SO ₂ /NO _x	impact minime cheminée potentiellement visible
cycle de combustion au gaz	efficacité élevée disponibilité plus élevée pas d'approvisionnement intérieur en gaz	coût en capital plus faible, coûts d'exploitation plus élevés	plus haute qualité de carburant, génère des gaz à effet de serre, SO ₂ /NO _x	impact minime cheminée visible potentielle
biomasse	plus faible fiabilité de l'approvisionnement logistique moyenne selon la source	coût en capital plus élevé/moyen, coûts d'exploitation plus faibles	occupation potentielle élevée du sol obtention de permis habituellement plus facile	souvent considérée comme sans danger pour l'environnement
nucléaire	généralement pour besoins plus élevés en électricité / vapeur plus grande complexité, mesures de protection plus importantes	coût en capital plus élevé, coûts d'exploitation plus faibles	préoccupations en matière de sécurité et d'environnement en raison de l'utilisation d'uranium obtention de permis plus difficile	plus faible acceptation par le public
hydroélectrique	ne produit pas de vapeur directement fiabilité moyenne (saisonnier / météo) requiert une ligne de transmission à partir d'une source existante phase de construction plus longue	coût en capital plus élevé, coûts d'exploitation plus faibles	obtention de permis habituellement plus facile peut affecter un plus grand territoire	déplacement potentiel de population de zone inondée par suite de la construction de barrage souvent considérée comme sans danger pour l'environnement
renouvelable (énergie éolienne, marémotrice, des vagues, solaire)	ne produit pas de vapeur directement plus faible fiabilité (saisonnier / météo)	coût en capital plus élevé/moyen, coûts d'exploitation plus faibles	obtention de permis habituellement plus facile source s'énergie renouvelable	souvent considérée comme sans danger pour l'environnement

Tableau 1-3 Analyse des options – Emplacement de l'usine de traitement

Option	Ingénierie	Coût relatif	Environnemental	Social
Toamasina (option privilégiée)	support logistique minimale (transport nécessaire entre l'usine et le port maritime)	coût en capital moyen, coûts d'exploitation plus faibles	en zonage industriel	plus grande acceptation par le public en raison du zonage plus près des travailleurs
site de la mine	logistique plus importante (transport de masse)	coût en capital moyen, coûts d'exploitation plus élevés	impact élevé et soutien logistique accru (trafic entre l'usine et le port maritime) avantage découlant de la non-nécessité d'un pipeline	interaction accrue avec le public découlant des besoins de transport entre l'usine et le port maritime
Brickaville	préparation du site de niveau moyen	coût en capital moyen, coûts d'exploitation moyens	site n'a pas de zonage industriel, enjeux additionnels en matière d'occupation du sol	convient moins à l'occupation existante du sol

Tableau 1-4 Analyse des options – Sources d'eau avérées pour l'usine

Option	Ingénierie	Coût relatif	Environnemental	Social
rivière Ivondro (option principale)	traitement minimale proximité immédiate	coût en capital plus faible, coûts d'exploitation plus faibles	impact minimale en raison de la dimension et du courant de la rivière Ivondro	impact minimale
pipeline de pulpe (facile à utiliser)	contrainte associée à la teneur en matières solides du pipeline	coût en capital moyen, coûts d'exploitation moyens	impact potentiel accru si un plus gros tuyau est requis	impact minimale
eau de recyclage des bassins de résidus (facile à utiliser)	traitement additionnel	coût en capital plus faible, coûts d'exploitation moyens	réduit le déversement dans l'océan	impact minimale

Tableau 1-5 Analyse des options – Emplacement de la raffinerie

Option	Ingénierie	Coût relatif	Environnemental	Social
usine de lixiviation acide sous pression comprenant une raffinerie	opération entièrement intégrée, produit final produit et expédié	coût en capital plus élevé, coûts d'exploitation plus élevés	impact moyen	augmentation potentielle des opportunités économiques locales
usine de lixiviation acide sous pression seulement; agrandissement d'une raffinerie à l'étranger (option privilégiée)	utilise l'infrastructure à l'emplacement de la raffinerie phase de construction susceptible d'être raccourcie accès potentiellement accru à une main-d'œuvre qualifiée	coût en capital plus faible, coûts d'exploitation plus faibles	l'impact diminue en raison de la diminution de la portée du projet	une certaine réduction des opportunités économiques locales

Par suite de l'analyse des options, on a opté pour le processus de lixiviation acide sous pression (LASP) comme processus de récupération du nickel et pour un système d'alimentation au charbon comme source principale de vapeur et d'électricité. De plus, on a choisi Toamasina comme emplacement de l'usine, et on a opté pour l'utilisation d'une raffinerie à l'étranger.

2 DESCRIPTION DU PROJET

2.1 INTRODUCTION

L'usine de traitement proposée est située sur un site de 80 ha aux abords sud de Toamasina (figure 2.1-1). L'usine se trouve à environ 10 km du port de Toamasina, sur la côte est. Le site de l'usine est situé dans une zone humide entre des anciennes dunes généralement plane (avec faibles ondulations) d'élévation variant entre 6 et 10 mètres au-dessus du niveau de la mer. La figure 2.1-2 présente le plan d'implantation proposé.

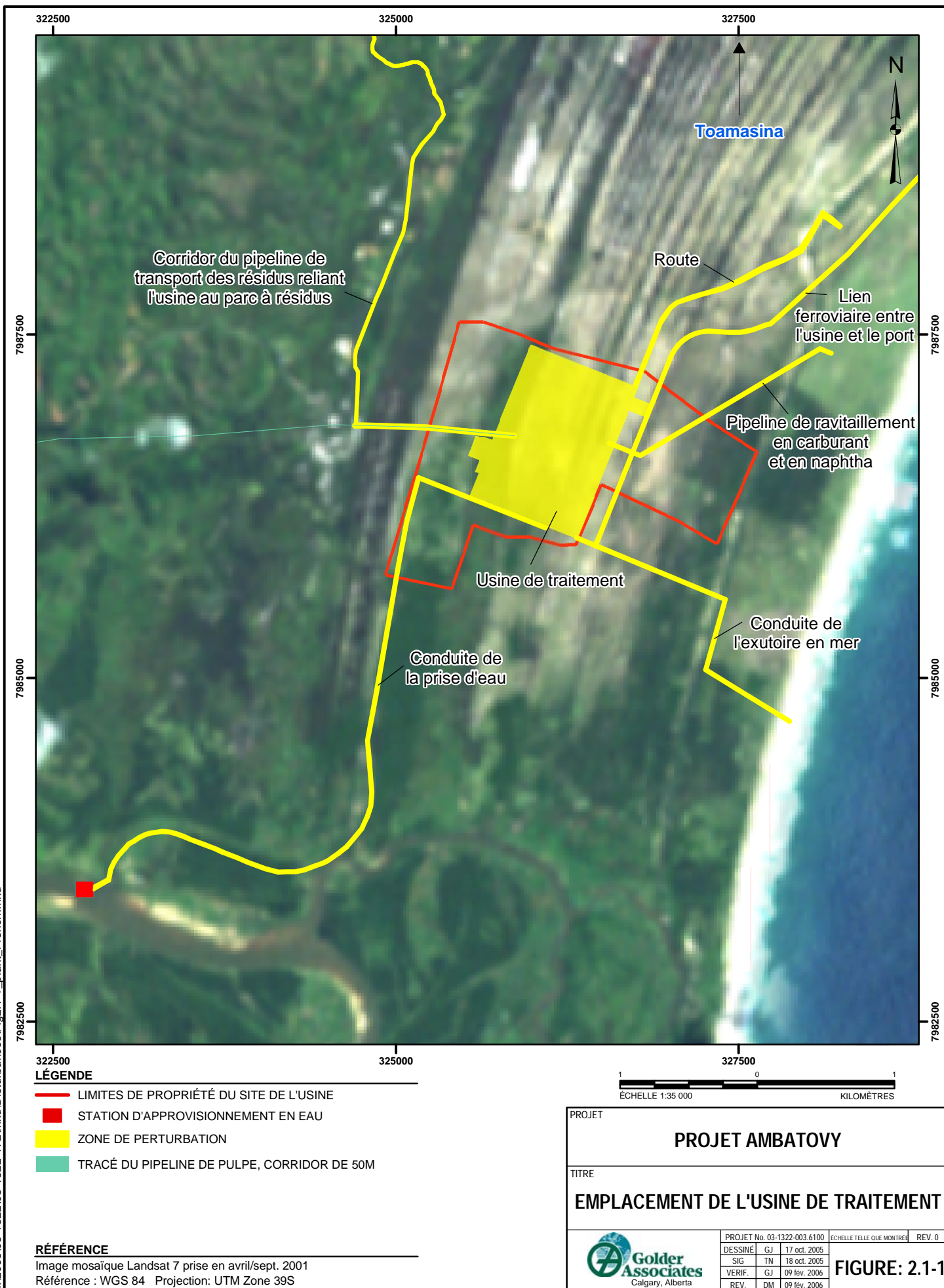
L'usine de traitement proposée comprend une usine de lixiviation et des usines connexes (figure 2.1-3). Ces usines comprennent: une centrale électrique, une centrale de production de vapeur, une centrale de traitement des eaux, une usine d'hydrogène, une usine de sulfure d'hydrogène, une usine d'acide sulfurique et une usine de calcaire et de chaux.

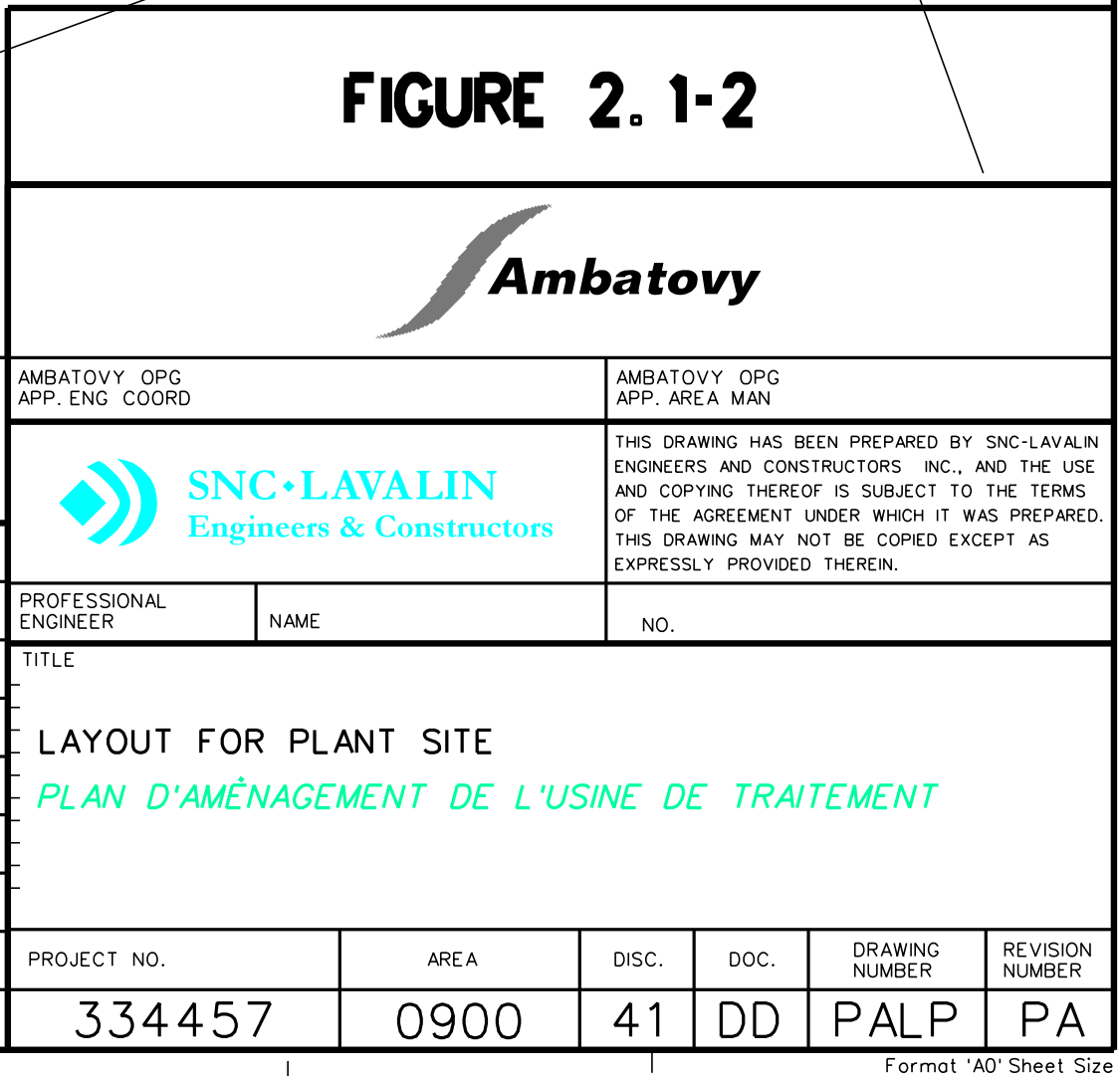
2.2 USINE DE LIXIVIATION

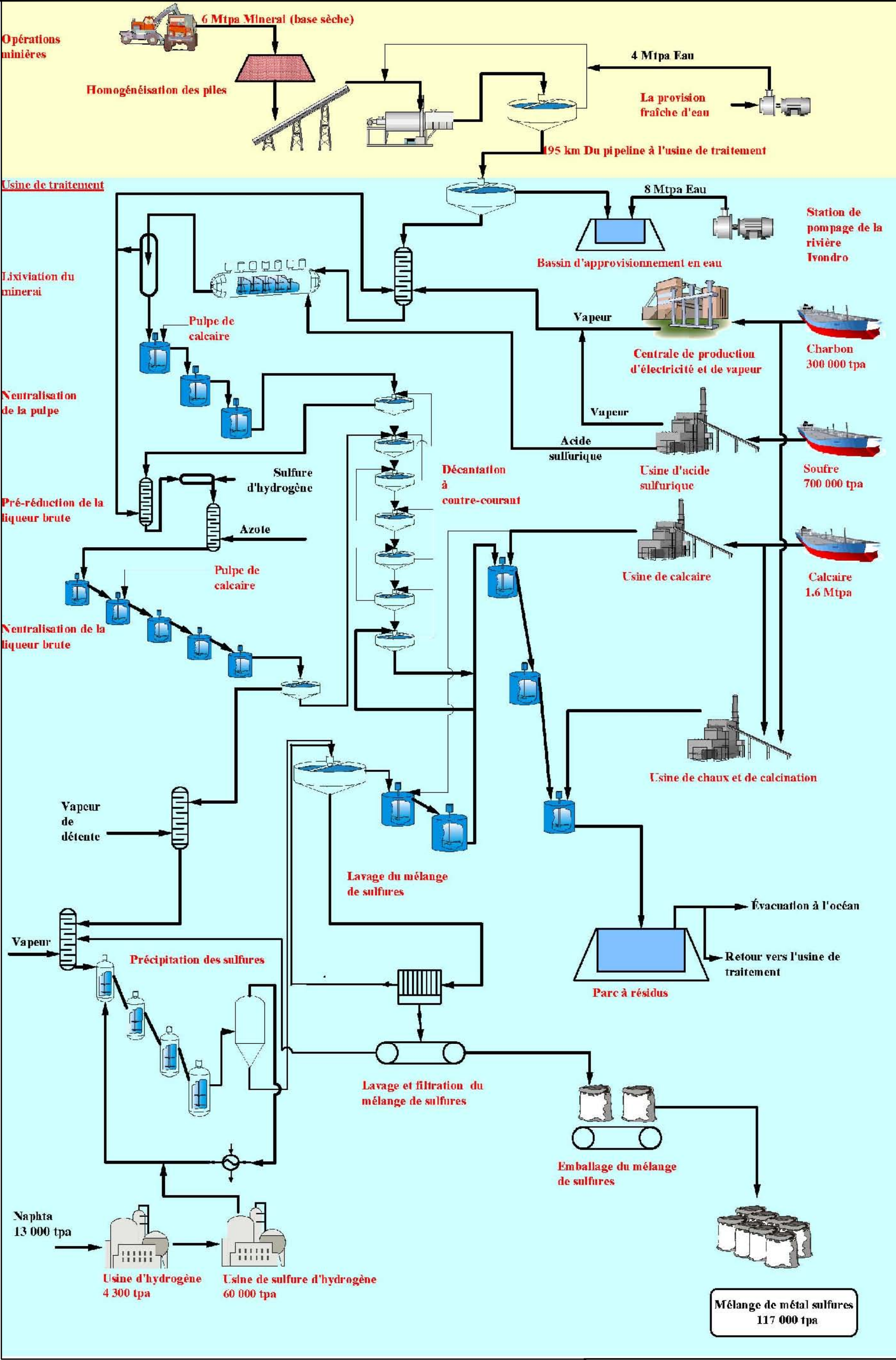
Le minerai de latérite en pulpe provenant de l'usine de préparation du minerai arrivera par le pipeline de pulpe. La pulpe sera partiellement déshydratée ou épaissie dans un épaississeur de minerai avant d'être acheminée vers le circuit de lixiviation acide sous pression. L'eau récupérée par l'épaississeur sera collectée dans un étang, ou bassin, de récupération afin d'être utilisée comme eau de procédé.

La lixiviation acide sous pression (LASP) aura cinq circuits parallèles, chaque circuit consistant en un réservoir d'alimentation, un réchauffeur de pulpe, un autoclave, des réservoirs de détente et les pompes associées. Dans l'opération de lixiviation acide sous pression, le minerai de latérite sera chauffé à la vapeur dans une série de réchauffeurs directs. La pulpe chauffée sera pompée dans l'autoclave où elle réagira avec de l'acide sulfurique concentré. Dans les autoclaves, le nickel, le cobalt, le cuivre, le zinc, le manganèse, le magnésium et une partie de l'aluminium seront lixiviés du minerai sous forme de sulfates solubles. La plus grande partie du fer, du chrome et du titane dans le minerai ainsi que le reste de l'aluminium feront partie du résidu solide constitué d'oxydes et d'hydroxydes stables. La pulpe de l'autoclave sera ramenée à la pression atmosphérique et refroidie par la génération de vapeur en série dans trois réservoirs de détente. La vapeur des réservoirs de détente sera utilisée dans les réchauffeurs de pulpe et dans les autres zones de l'usine pour optimiser la récupération de chaleur.

I:\2003\03-1322\03-1322-172\mxd\Disturbances\Fig2.1-1_plant_French.mxd







RÉFÉRENCE:
DESSIN ORIGINAL FOURNI PAR LE CLIENT

PROJET	PROJET AMBATOVY			
TITRE	SCHEMA DE PROCEDE - USINE DE TRAITEMENT			
PROJET		03-1322-172.6124	FILE No.	Plant Layout
PROJETÉ PAR	GJ	20/10/05	ECHELLE TELLE QU'ILLUSTREE	REV. 1
DESSIN PAR	SWD	28/11/05		
VERIFIÉ PAR	GJ	13/02/06		
REVISE PAR	DM	13/02/06		



FIGURE:
2.1-3

Après lixiviation, la pulpe sera pompée dans le circuit de neutralisation de la pulpe où une partie de l'acide libre dans la pulpe sera neutralisée avec du calcaire dans une série de trois réservoirs. La pulpe partiellement neutralisée sera pompée dans le circuit de décantation à contre-courant (DCC) où les métaux dissous en solution seront séparés des solides lixiviés par lavage, dans une série de sept épaisseurs. Les solides lavés sortant du dernier épaisseur DCC seront pompés dans un circuit de neutralisation des résidus miniers. Une petite partie des solides lavés sera détournée vers le circuit de sulfate ferrique pour la production d'un réactif utilisé pour oxyder l'H₂S résiduel de la liqueur stérile dans la zone de précipitation des sulfures.

Les matières solides lavées (résidus miniers) seront mélangées dans les réservoirs de neutralisation des résidus pour la neutralisation au calcaire et à la chaux. L'étape de neutralisation précipitera et immobilisera les métaux; ce matériau sera envoyé au parc à résidus.

La solution contenant du nickel et du cobalt provenant du premier épaisseur DCC sera traitée au sulfure d'hydrogène gazeux afin de réduire le chrome (VI) en chrome (III) avant la neutralisation de l'acide libre avec du calcaire. La pulpe de gypse qui en résulte sera épaissie et une partie de la pulpe de la sousverse de l'épaisseur à gypse sera recyclée dans les réservoirs de neutralisation afin d'agir comme germe pour l'amélioration des caractéristiques de sédimentation des solides; le reste de la pulpe sera pompé dans le DCC pour être lavé et envoyé au parc à résidus.

L'effluent liquide clair provenant des épaisseurs sera traité au sulfure d'hydrogène dans le circuit de précipitation des sulfures afin de précipiter le nickel et le cobalt sous forme d'un mélange de sulfures -produit intermédiaire-. Le cuivre, le zinc et une petite partie du fer seront co-précipités avec le nickel et le cobalt dans le mélange de sulfures.

Le mélange de sulfures sera filtré, lavé avec l'eau de procédé et entreposé dans des sacs. Les sacs de mélange de sulfures seront ensuite transportés jusqu'au port pour être acheminés vers la raffinerie de nickel.

2.3 USINES CONNEXES

Electricité

L'électricité pour le site de l'usine de traitement de Toamasina sera produite sur place par trois génératrices à turbine à vapeur de 30 MW alimentées au charbon. La centrale ne sera pas raccordée à un réseau électrique externe. Des génératrices

au diesel fourniront l'électricité d'urgence nécessaire au fonctionnement du matériel critique et à la remise en marche d'une chaudière lorsque les génératrices à vapeur sont hors service. La centrale produira et fournira l'alimentation à 20 kV à des sous-stations placées à des endroits stratégiques dans toute l'usine de traitement.

L'alimentation sera fournie au parc à résidus et à la station de pompage de la rivière Ivondro par des génératrices au diesel installées sur place.

Vapeur

De la vapeur à haute pression sera produite à l'usine de traitement par des chaudières au charbon. À cette vapeur s'ajoutera celle produite par les chaudières de récupération des unités de production d'acide sulfurique. Il y aura trois chaudières et deux circuits pour l'usine d'acide, conçus pour générer de la vapeur surchauffée convenant aux turbines de la centrale électrique. Durant le fonctionnement normal, une des chaudières au charbon sera tenue prête à prendre la relève au cas où l'une des autres génératrices était mise hors service.

La vapeur sera utilisée essentiellement pour le chauffage direct de la pulpe avant la lixiviation acide sous pression dans le circuit de lixiviation du minerai et pour le chauffage direct de la liqueur chargée en nickel et cobalt avant la précipitation du mélange de sulfures.

Le condensat de vapeur sera collecté après les turbines et retourné au dégazeur de la centrale qui fournira l'eau à toutes les principales chaudières de vapeur du site. Étant donné qu'une quantité importante de vapeur est injectée directement dans le procédé, plus de la moitié de l'eau des chaudières retournant au dégazeur sera de l'eau déminéralisée.

Eau

L'eau de la pulpe de minerai, acheminée à l'usine de traitement par le pipeline en provenance de la mine, sera récupérée pour devenir la principale source d'eau de l'usine de traitement. On y ajoutera de l'eau tirée de la rivière Ivondro. Une station de pompage sera construite sur la rive nord de la rivière afin d'alimenter l'usine de traitement d'eau en eau brute de la rivière Ivondro. L'eau de retour provenant du parc à résidus sera aussi pompée vers l'usine de traitement pour être utilisée dans les dépoussiéreurs à gaz, afin de minimiser l'utilisation de l'eau de la rivière.

L'usine de traitement d'eau au site de Toamasina sera conçue de manière à pouvoir traiter l'eau récupérée de l'épaississement de la pulpe de minerai et l'eau

brute provenant de la station de pompage sur la rivière Ivondro. Une réserve de l'eau récupérée de la surverse de l'épaississeur de minerai sera stockée dans un étang de récupération au site de l'usine. Le traitement de l'eau de procédé consistera en une clarification suivie d'une filtration. L'eau de lavage des filtres sera retournée aux épaississeurs de minerai pour récupérer les matières solides. Les principaux utilisateurs de l'eau de procédé sont l'usine d'eau déminéralisée et la tour de refroidissement. L'utilisation de l'eau de retour du parc à résidus comme eau de dépoussiérage et le recouvrement et le recyclage du condensat des diverses opérations de l'usine minimisera la consommation d'eau de procédé.

L'eau déminéralisée et l'eau potable seront produites à l'usine de Toamasina suite au traitement de l'eau de procédé. Le système de traitement pour l'eau potable comprendra la désinfection par chloration afin de permettre une consommation sécuritaire dans toutes les installations. L'eau déminéralisée sera utilisée surtout pour alimenter en eau les chaudières du dégazeur de la centrale. L'eau déminéralisée sera aussi utilisée dans les systèmes pressurisés servant à sceller les pompes et les agitateurs dans l'usine de traitement.

Un système de refroidissement ouvert à recirculation fournira l'eau de refroidissement dans toute l'usine de traitement. L'eau de procédé sera pompée dans le bassin de la tour de refroidissement afin de maintenir la quantité d'eau de refroidissement en circulation. La composition de l'eau de refroidissement sera contrôlée par l'ajout ou le retrait de produits chimiques servant à limiter la corrosion et l'activité biologique dans le système.

Usine d'hydrogène

De l'hydrogène pur gazeux sera fabriqué par vaporeformage de naphta désulfuré, par conversion catalytique et par purification du gaz produit en utilisant un procédé d'adsorption modulée en pression. La faible quantité de sulfure d'hydrogène gazeux produite durant la désulfuration du naphta sera envoyée à une torchère pour incinération. La production de sulfure d'hydrogène exige de l'hydrogène à basse pression.

Usine de sulfure d'hydrogène

Un gaz de sulfure d'hydrogène pur sera fabriqué sur le site de l'usine en faisant réagir l'hydrogène gazeux de l'usine d'hydrogène avec le soufre liquide fourni par les unités de production d'acide. Durant le fonctionnement normal, l'usine de sulfure d'hydrogène ne produira aucune émission. Lors de la mise en marche ou en cas de perturbations, l'excédent de gaz sera brûlé en dioxyde de soufre gazeux dans une torchère. Presque tout le sulfure d'hydrogène produit sera

consommé lors de la précipitation des sulfures. De plus faibles quantités seront utilisées pour la réduction de la liqueur brute.

Usine d'acide sulfurique

L'acide sulfurique pur à 98% sera produit au site de l'usine à partir de soufre élémentaire dans deux usines de combustion du soufre utilisant le procédé de double contact, double absorption. Les chaudières de récupération de l'excédent thermique des unités de production d'acide sulfurique feront partie intégrante de la production de vapeur surchauffée à haute pression de l'usine. L'usine aura une capacité de stockage de réserve d'acide sulfurique équivalente à huit jours. La majorité de l'acide sulfurique sera utilisée pour la lixiviation acide sous pression du minerai, de petites quantités étant utilisées dans le circuit de sulfate ferrique et à l'usine d'eau déminéralisée.

Air

L'air de procédé et d'instrumentation est fourni à toutes les zones de l'usine grâce à des compresseurs d'air autonomes. Les équipements principaux fournissant l'air comprimé sont munis d'un compresseur de secours.

Usine de calcaire et de chaux

Le calcaire sera importé via le port de Toamasina et transporté jusqu'à l'usine par train. Le calcaire broyé et entreposé à l'usine de traitement sera récupéré et réparti dans deux circuits, un pour la production de pulpe de calcaire et l'autre pour alimenter l'usine de chaux.

Le calcaire sera préparé en pulpe solide utilisée comme agent neutralisant à quatre endroits dans l'usine de lixiviation du minerai. Le calcaire servant à la préparation de la pulpe sera broyé et moulu dans l'un des deux broyeur en circuit avec cyclones classificateurs. Le produit calibré sera épaissi à la densité requise dans un épaississeur et pompé aux points d'utilisation finale par une canalisation en boucle à circulation continue.

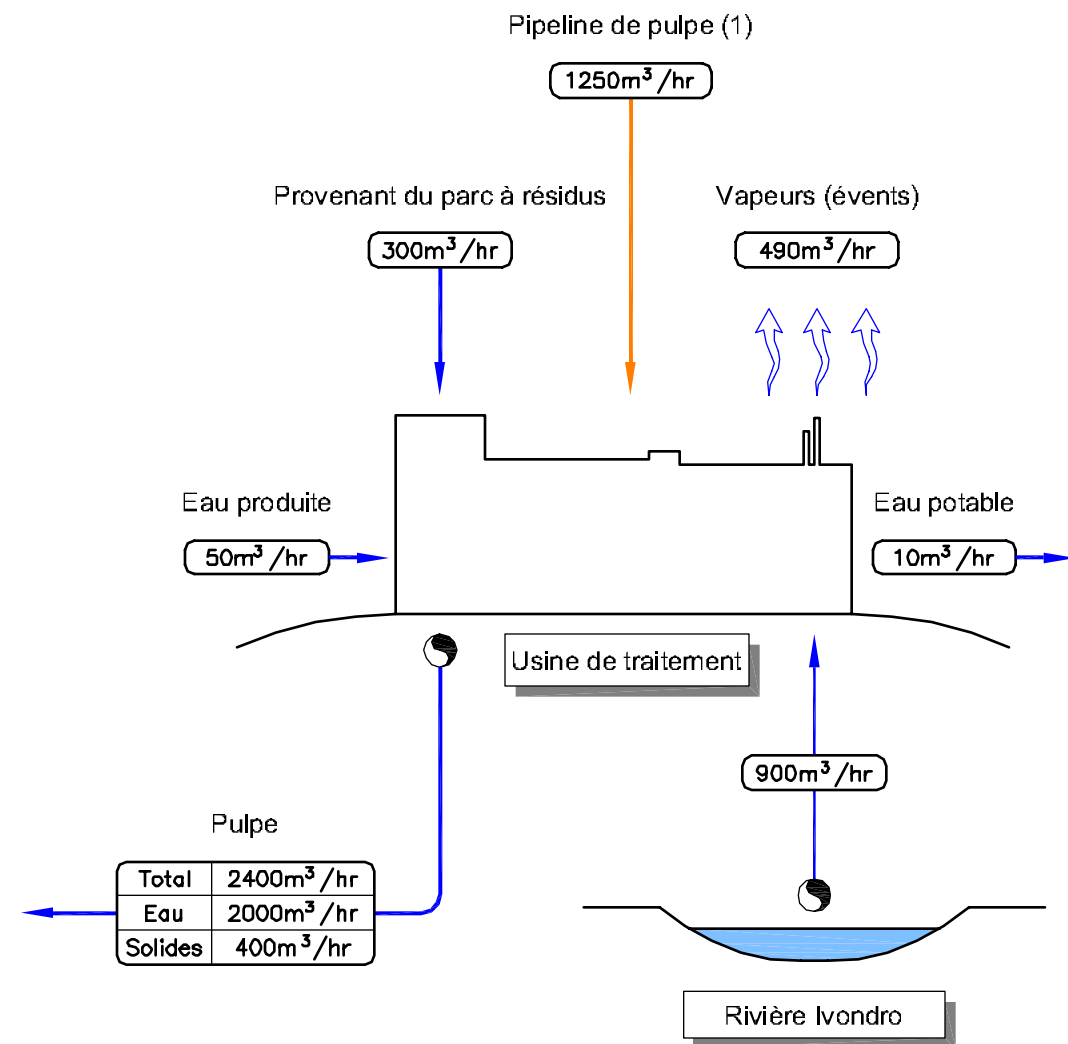
Le calcaire sera calciné dans un four à chaux afin de produire de l'oxyde de calcium qui sera mis en pulpe avec de l'eau pour produire du lait de chaux. La pulpe de lait de chaux sera utilisée à l'étape finale de neutralisation de la boue de résidus.

2.4 GESTION DE L'EAU

La gestion de l'eau sur le site de l'usine est présentée à l'aide du bilan hydrique à la figure 2.1-4. Comme précisé ci-dessus, la source principale en eau provient du pipeline de pulpe. De grands volumes d'eau sont nécessaires que ce soit pour les opérations de production de vapeur, de refroidissement ou d'extraction des métaux.. La plus grande partie du volume d'eau déminéralisée utilisé pour les chaudières sera produit à partir d'eau d'appoint tirée de la rivière Ivondro.. Toute l'eau de procédé sera traitée lors de l'étape de neutralisation, et envoyée en tant que pulpe vers le parc à résidus où les solides sont tassés pour un confinement permanent tandis que le surnageant collecté avec l'eau de pluie dans le parc à résidus sera rejeté dans l'océan. Les émissions de vapeur d'eau (systèmes de refroidissement et événements à vapeur) compteront pour une large part de l'eau perdue à travers le traitement. Toute l'eau de pluie sur le site sera récupérée de telle façon que toute eau de pluie potentiellement contaminée sera utilisée lors du traitement et toute eau de pluie propre issue des zones hors traitement sera évacuée vers les bassins versants avoisinants.

2.5 GESTION DES DECHETS

Les déchets non-dangereux générés par l'usine de traitement seront triés pour permettre une réutilisation appropriée et le recyclage des matériaux. Les matériaux non-dangereux propres, qui n'ont pas la possibilité d'être recyclés, seront évacués vers une zone de confinement adaptée à l'intérieur du parc à résidus. Les matériaux dangereux seront incinérés dans un incinérateur à déchets prévu à cet effet sur le site en même temps que les cendres faisant partie des résidus issus de l'étape de neutralisation. De manière similaire, la cendre provenant des brûleurs à charbon sera évacuée avec les résidus vers le parc à résidus. Une zone adaptée pour la caractérisation, le tri et le traitement des déchets sera définie dans la zone d'usage général de l'usine de traitement.



Remarques:

1. Fraction d'eau seulement, le minerai possède un pourcentage massique en eau de 45%, la pulpe un pourcentage massique de solides de 40%

3.1 TOPOGRAPHIE ET GEOMORPHOLOGIE

3.1.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets de l'usine de traitement sur la topographie et la géomorphologie, incluant les caractéristiques topographiques uniques, 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 de l'usine de traitement est le même que le secteur terrestre de l'usine de traitement (un sous-secteur du secteur régional d'étude de Toamasina) présenté à la figure 7.2-3 du volume A. Ce secteur comprend la propriété de l'usine de traitement et les corridors s'étendant jusqu'à la prise d'eau, à l'exutoire marin, à la Route Nationale (RN) 2, au futur site de la jetée de la société Logistique Pétrolière et à l'emplacement du futur pont au-dessus du canal Pangalanes. Le secteur d'étude comprend aussi des zones tampons à 500 m ou moins de ces perturbations.

3.1.3 Résumé de l'étude de référence

L'usine de traitement est située à environ 2 km de la côte. Le secteur est caractérisé par une topographie côtière plane dont le relief est de faible à moyen; il est dominé par des cordons de dunes littorales de direction nord-sud. Des zones humides saisonnières sont situées dans les terres basses entre plusieurs cordons de dunes littorales. L'élévation du site de l'usine varie de 6 à 10 mètres au-dessus du niveau moyen de la mer (ASL).

Selon une analyse qualitative du paysage, le secteur local d'étude de l'usine de traitement ne contiendrait aucun élément topographique unique.

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 concernant la topographie et la géomorphologie sont:

- la suppression et la perturbation d'éléments topographiques uniques ou importants 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 la suivante:

Question clé TG-1 Quel sera l'effet de l'usine de traitement sur la topographie et la géomorphologie?

Les liens d'impact potentiel associés aux impacts sur la topographie et la géomorphologie sont présentés à l'annexe 9 du volume H. Durant les phases de construction et d'exploitation, des éléments topographiques et géomorphologiques du paysage seront perturbés. La topographie sera altérée durant les phases de construction, d'exploitation et de fermeture. Ces liens d'impact sont valides.

3.1.5 Evaluation des impacts

3.1.5.1 Méthodes d'évaluation

La topographie existante a été étudiée au moyen de la documentation et de cartes topographiques. 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 de topographie d'avant-projet ont été comparées qualitativement à la topographie après l'aménagement de l'usine de traitement.

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 disposition topographique 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'exploitation et de la fermeture, des mesures de contrôle de l'érosion, telles que décrites à la section 6 du volume D seront mises en œuvre afin de minimiser le ravinement et l'enlèvement de matériel de surface par l'eau ou le vent.

3.1.5.4 Résultats

Au cours de la construction et de l'exploitation et après la fermeture, le paysage du secteur du projet et des corridors linéaires associés devra subir des

modifications topographiques mineures. Les crêtes ondulées et les zones humides basses seront nivelées et des matériaux adéquats seront ajoutés à ces secteurs pour créer des emplacements pour les usines et les routes. Du matériel de remblai sera ajouté afin d'obtenir une terrasse pour l'usine. Ce matériau pourrait provenir des dunes de sables dans les secteurs avoisinants. La terrasse plane pour l'usine et les corridors associés demeureront après la fermeture du projet et pourront servir à des usages industriels futurs.

3.1.5.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Les effets résiduels de chaque étape du projet, près l'application de mesures d'atténuation, sont résumés au 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 et exploitation	changements au paysage et aux pentes qui pourraient représenter des enjeux à moyen terme pour les parties prenantes et la biodiversité	contrôle de l'érosion; gestion de l'eau; ingénierie de la stabilité des pentes	intensité faible / modification à court terme de la topographie ondulante à une topographie plane

L'usine de traitement aura un impact direct sur le paysage. En général, les impacts seront à long terme mais d'une faible intensité étant donné que la topographie actuelle à l'usine de traitement et le long des corridors adjacents est presque plane.

La classification des impacts résiduels de chaque phase du projet 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	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Question clé TG-1 Quel sera l'effet de l'usine de traitement sur la topographie et la géomorphologie?							
construction et exploitation	négative	faible	locale	long terme	non	moyenne	faible

Niveau de confiance des prévisions

L'état de référence de la topographie dans le secteur local d'étude est bien compris et l'aspect éventuel du paysage après la fermeture a été établi. De manière générale, le niveau de confiance des prévisions pour la présente évaluation est considéré élevé.

Surveillance

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

3.1.5.6 Conclusions

L'usine de traitement aura un faible effet sur la topographie; cet effet débutera avec la phase de construction et continuera indéfiniment.

3.2 SOLS

3.2.1 Introduction et secteur d'étude

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets du site de l'usine sur les sols, selon les termes de référence du projet Ambatovy.

Le secteur d'étude du site de l'usine pour les sols est l'empreinte au sol du site de l'usine présentée dans le volume A, section 7, figure 7.2-3. Le secteur d'étude comprend toutes les zones directement perturbées par le site de l'usine.

3.2.2 Résumé de l'étude de référence

3.2.2.1 Sols du site de l'usine

L'usine de traitement est située sur la côte est de Madagascar, directement au sud de Toamasina, dans une région à topographie côtière plate dominée par des cordons de sable. Un aperçu régional est fourni dans le volume E, section 3.3.

Les études géotechniques réalisées par SNC Lavalin et Geopractica (Geopractica 2004) ont permis de recueillir de l'information supplémentaire sur les sols. Dans la région, les sols se sont formés sur du sable de dune stabilisée. De l'humus s'est accumulé dans les régions basses et les horizons de sols montrent des évidences de l'existence de processus de réduction qui indiquent que le sol est, tout au moins périodiquement, saturé en eau. Les secteurs en haut de pente étaient rapidement bien drainés et possèdent un horizon B fortement oxydé. D'après la description contenue dans Geopractica (2004) il est probable que ces sols soient des spodosols ou des entosols. Des études supplémentaires sur le terrain seraient nécessaires pour confirmer ces hypothèses.

Les sols dans le secteur de l'usine ont une forte teneur en sable et seront très susceptibles à l'érosion éolienne et hydrique s'ils subissent des perturbations.

Les sols sablonneux dans le secteur de l'usine de traitement ne conviennent généralement pas à la réhabilitation en raison de leur texture grossière. Cependant, certaines couches dans les zones basses enrichies de matières organiques peuvent être utiles comme matériau de réhabilitation. Ce matériau pourrait être récupéré et utilisé pour réhabiliter les perturbations temporaires associées à la construction de l'usine de traitement.

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 communs.

Dans le cadre de ce processus, une matrice d'interactions a été utilisée pour évaluer tous les impacts possibles des activités et des installations du site de l'usine sur les ressources en sols (tableau 3.3-1). Les interactions furent notées afin d'éclairer les enjeux clés et d'aider à cibler l'évaluation.

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

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 site de l'usine 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 3.3-1 présente l'impact des activités du site de l'usine sur les ressources en sols en se concentrant sur les enjeux clés.

Tableau 3.2-1 Matrice d'interactions du projet

Activités ou installations du projet	Sol ^(a)	Enjeux	Commentaires
Phase préalable à la construction			
forage géotechnique	N	augmentation du risque d'érosion à court terme sur les pentes >10 %	enjeu à court terme
Phase de construction et d'exploitation			
défrichement de la végétation	E	érosion éolienne et hydrique; compactage des sols par les équipements	le risque d'érosion hydrique sera élevé jusqu'à ce que les zones exposées soient revégétalisées
déblaiement de la terre végétale	M à E	augmentation du risque d'érosion éolienne et hydrique ; perte de la qualité des sols (perte des nutriments, compactage du sol)	l'impact dépend du temps d'exposition des sols
construction du site de l'usine	M à E	érosion éolienne et hydrique; compactage des sols par les équipements	l'impact dépend du temps d'exposition des sols
exploitation du site de l'usine	F à M	contamination des sols	les déversements seront nettoyés tel que requis
Phase de réhabilitation et de fermeture			
enlèvement des équipements	P	suppression des sources de contamination	effet positif
réhabilitation du site	P	réhabilitation des sols pour toute contamination	effet positif
remise en état	P	réhabilitation des zones perturbées	effet positif

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

Liens d'impacts potentiels

La question clé ST-1 analyse les effets associés à la construction, à l'exploitation et à la réhabilitation du site de l'usine 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 site de l'usine incluent le défrichement du site et les modifications de surface requis pour permettre la construction de l'usine. La préparation du site pour la construction des installations inclura la suppression du sol de surface.

La construction du site de l'usine entraînera la suppression de la végétation, entraînant ainsi l'exposition du sol et l'augmentation de la probabilité d'une érosion.

Le compactage du sol entraîne une réduction de la porosité et une augmentation de la densité apparente du sol. 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. La construction du site de l'usine impliquera la circulation d'équipements et des activités au niveau des sols pouvant causer le compactage. Les effets possibles associés au compactage ne s'appliquent qu'à certaines zones du secteur local d'étude, là où le compactage ne se produit pas d'une manière intentionnelle.

Les déversements et les fuites durant l'exploitation 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 de l'eau souterraine et de l'eau de surface.

La terre végétale est rare dans la région et, de toute manière, la période jusqu'à la fermeture du site est trop longue pour empiler et stocker la terre végétale. Cette dernière ne sera pas remplacée après la fermeture et il pourra y avoir une perte de nutriments.

Méthodologie d'évaluation

Les types de sols directement affectés par le site de l'usine ont été quantifiés à l'aide d'analyses SIG (Système d'information géographique), comme suit:

- Les superficies des types de végétation qui sera perturbée à l'intérieur de l'empreinte au sol du site de l'usine ont été quantifiées à l'aide du SIG. Cette information a été utilisée pour évaluer le risque d'érosion hydrique des sols selon les types de perturbation.
- Les niveaux d'impacts ont été déterminés en se fondant sur la perte nette permanente de sols pendant les phases de construction et d'exploitation.

3.2.3.2 Critères d'évaluation

Le tableau 3.3-2 présente les critères utilisés pour évaluer les impacts résiduels sur les sols.

Tableau 3.2-2 Critères d'évaluation pour les sols

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
positive, négative ou neutre pour les résultats des mesures	négligeable: pas d'effet mesurable (<1 %) faible: <10 % moyenne: 10 à 20 % forte: >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 par l'eau à l'aide de l'équation universelle des pertes en terre (Wischmeier and 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 susceptibles à l'érosion hydrique que les autres sols.

Le risque d'érosion éolienne et hydrique dans le secteur local d'étude est faible quand il y a 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 du site de l'usine. Le risque d'érosion hydrique augmente quand la pente excède 10 % et quand des sols à texture fine sont sous-jacents à des sols à texture grossière. La surface généralement plate du site de l'usine réduit le risque d'érosion hydrique. Toutefois, afin d'éviter l'érosion et la sédimentation potentielle des sols durant la construction, il est nécessaire de réduire au minimum l'exposition des sols et de contrôler le ruissellement, en particulier en temps de pluie et dans les secteurs proches des cours d'eau.

Pour empêcher l'érosion hydrique des sites de drainage adéquate seront construits pour diriger le ruissellement vers des zones de rétention appropriées ou des points de déversement.

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. Dans ce secteur, les sols sont très pauvres en nutriments. Tel que mentionné ci-dessus, une nouvelle croissance de la végétation sera favorisée dans les zones où seront entreposés les sols extraits.

Compactage

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

- 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

Les mesures d'atténuation générales visant à empêcher la contamination des sols incluront les mesures suivantes:

- tous les secteurs de traitement seront autonomes, des systèmes de détection et de récupération des fuites seront en place et tous les déversements seront récupérés pour être réutilisés ou traités
- tous les déversements à l'extérieur des secteurs de traitement seront nettoyés rapidement

3.2.3.4 Résultats

Un total de 322 ha de sols sera perturbé par le site de l'usine pendant la durée du projet (tableau 3.3-3). Tous les sols extraits seront entreposés dans des zones où l'établissement de la végétation sera favorisé. L'occupation du sol prévue sur le site de l'usine après la fermeture sera probablement industrielle. Par conséquent, actuellement aucune réhabilitation visant à rétablir un écosystème naturel n'est prévue. Il y aura donc une perte permanente de 322 ha de sols après la construction et l'exploitation du site de l'usine (tableau 3.3-3).

Tableau 3.2-3 Perturbation des sols et des types de végétation dans le secteur du site de l'usine

Risque d'érosion des sols	Types de végétation	Superficie (ha)	Pourcentage du secteur local d'étude (%)
faible	couloir d'accès, végétation arbustive, végétation non boisée (excepté le tavy)	318	99
moyen	matrice de tavy	4	1
total		322	100

3.2.3.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

La conséquence sur l'environnement du site de l'usine sur les sols est évaluée comme élevée pendant la construction, l'exploitation et après la fermeture (tableau 3.3-4).

La construction et l'exploitation du site de l'usine entraîneront des perturbations permanentes de 322 ha. De plus, le risque d'érosion des sols augmentera avec le débroussaillage. En raison des perturbations des sols à long terme pendant l'exploitation et après la fermeture, la conséquence sur l'environnement est évaluée comme élevée. Si les secteurs touchés sont réhabilités par la suite, les impacts seront réduits à faibles.

Tableau 3.2-4 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 site de l'usine aura-t-il sur les sols?							
construction	négative	forte	locale	court terme	non	faible	élevée
exploitation	négative	forte	locale	long terme	non	faible	élevée
fermeture	négative	forte	locale	long terme	oui	faible	élevée

3.2.3.6 Niveau de confiance des prévisions

La classification de l'impact pour les sols dépend en grande partie de la future occupation du sol de l'usine. Cependant, il est prévu que l'utilisation future demeurera de type industriel. Advenant que le site de l'usine soit finalement

réhabilité pour retrouver une occupation du sol naturelle, la conséquence sur l'environnement serait plus faible.

3.2.3.7 Surveillance

Le promoteur mettra en oeuvre des programmes de surveillance pour s'assurer que les programmes de protection des sols sont efficaces et procédera à des ajustements si nécessaire. Le plan de surveillance du site de l'usine consiste à:

- assurer la fonctionnalité des systèmes de drainage et de rétention du site
- s'assurer que la croissance de la végétation se poursuit avec succès dans les zones où le sol extrait a été entreposé
- faire des rapports des résultats de la surveillance

3.2.4 Conclusions

Après l'application des mesures d'atténuation, le site de l'usine aura une conséquence sur l'environnement de niveau élevé pour les sols, pendant les phases de construction, d'exploitation et après la fermeture en raison de la perte permanente des sols (selon la classification). L'impact potentiel sur les sols a des conséquences sur la végétation, l'hydrologie et la qualité de l'eau. 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 des impacts de l'usine de traitement, du port et du parc à résidus 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
- 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
- le modèle de dispersion atmosphérique utilisé pour l'évaluation des impacts
- l'approche d'évaluation des impacts et les résultats pour les questions clés concernant de la qualité de l'air
- les recommandations concernant la surveillance et les mesures d'atténuation identifiées visant à réduire les impacts résiduels sur la qualité de l'air associés à l'usine de traitement
- l'évaluation qualitative du parc à résidus et de l'extension portuaire associés au projet Ambatovy

Les enjeux potentiels, cernées dans l'EIE, concernant la qualité de l'air comprennent:

- la combustion, le processus et les émissions de poussière résultant des phases de construction et d'exploitation de l'usine de traitement
- la combustion et les émissions de poussière résultant de la phase de construction du parc à résidus
- la combustion et les émissions de poussière résultant des phases de construction et d'exploitation de l'extension portuaire

L'évaluation de la qualité de l'air comprend une évaluation complète des effets sur les concentrations atmosphériques et les dépôts atmosphériques qui pourraient résulter de toutes les sources d'émissions importantes du projet. Bien

que l'évaluation de la qualité de l'air soit complète à titre d'évaluation autonome, elle fait aussi partie intégrante de l'évaluation d'ensemble du projet.

Le but premier de l'évaluation de la qualité de l'air est d'évaluer les changements de la qualité de l'air à l'échelle régionale et de déterminer s'il y a conformité à la réglementation applicable. Les effets de la qualité de l'air sur les récepteurs environnementaux tels la santé humaine, la santé de la faune, les ressources aquatiques et les ressources terrestres sont abordés dans les sections pertinentes du volume D.

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 diverses disciplines de l'EIE à cause des formes variées d'interaction entre les composantes du projet et l'environnement. L'évaluation atmosphérique ne représente pas des points fixes dans le temps. Elle a plutôt été réalisée pour la phase d'exploitation de l'usine de traitement en période de production maximale. Les émissions atmosphériques du parc à résidus et de l'extension portuaire durant la phase d'exploitation ont été considérées négligeables comparativement aux émissions de l'usine de traitement; par conséquent, elles n'ont pas été incluses dans l'évaluation.

3.3.2.2 Portée géographique

Le secteur d'étude choisi pour l'évaluation de la qualité de l'air de l'usine de traitement, du port et du parc à résidus est centré sur le site de l'usine de traitement et mesure 26 km sur 23 km, tel qu'illustré à la figure 7.2-3, volume A, section 7. Le secteur comprend le parc à résidus et la ville de Toamasina. C'est à l'intérieur de ce secteur d'étude de 598 km² que la majorité des effets sur la qualité de l'air associés à l'usine de traitement, au parc à résidus et à l'extension portuaire sont attendus. Le secteur d'étude a aussi été utilisé lors de la représentation graphique des prévisions de la qualité de l'air.

Un des objectifs de l'évaluation de la qualité de l'air est d'aider à répondre aux questions des parties prenantes de la région au sujet des effets potentiels du projet sur la qualité de l'air dans leurs communautés. Pour faciliter la réponse à ces questions, des prévisions sur la qualité de l'air ont été faites pour chacun des récepteurs communautaires indiqués au tableau 3.3-1.

Tableau 3.3-1 Emplacement des communautés situées près de l'usine de traitement

communauté	Distance [km]	Position relative
Ambarimilambana	10,9	SW
Ambatoroa	1,6	NW
Amboakarivo	2,7	S
Ambodikily	15,5	SW
Ambodisaina	6,8	N
Amboditandroho	9,2	SSW
Ampasimbola	2,2	W
Ampasinambo	11,7	WSW
Ampihaonana	11,0	NNW
Ampirasantany	1,5	SE
Analabe	1,8	SW
Antananambo	5,3	WSW
Antanandava	2,6	NNW
Antsiranandakana	2,0	WSW
Mahatsara	5,5	SSW
Manamboasio	1,4	NNE
Toamasina	7,8	NE
Vohitsara	7,9	W

Note: Les distances et positions sont relatives à l'usine de traitement.

3.3.3 Méthodes d'évaluation

L'évaluation de la qualité de l'air et des effets potentiels des émissions atmosphériques de l'usine de traitement sur la qualité de l'air ont été effectués en s'appuyant largement sur un modèle de dispersion atmosphérique. Le modèle de dispersion CALPUFF en régime permanent (2-D) a été désigné comme le meilleur modèle pour évaluer les émissions atmosphériques de l'usine de traitement. Cet outil de modélisation a déjà fait l'objet d'examen approfondis et son utilisation est recommandée par les autorités réglementaires dans plusieurs juridictions. Un avantage de CALPUFF est sa capacité de modéliser les transformations chimiques des émissions de SO₂ et de NO_x. De plus, CALPUFF peut modéliser les dépôts atmosphériques humides et secs.

La modélisation de dispersion effectuée pour l'évaluation de la qualité de l'air comprenait les aspects clés suivants:

- sélection des récepteurs du modèle de dispersion atmosphérique
- conversion des prévisions de concentrations de NO_x en concentrations de NO₂ par la méthode OLM (*ozone limited method*)
- utilisation de trois ans de données météorologiques de Toamasina

Une description détaillée de l'approche de modélisation de la dispersion atmosphérique est présentée au volume I, annexe 4.2.

3.3.3.1 Critères d'évaluation

Madagascar n'a pas de critères de la qualité de l'air ambiant; par conséquent, les lignes directrices de la Banque mondiale et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ont été utilisées. La Banque mondiale fournit des lignes directrices pour le SO₂, le NO₂ et le PM₁₀, spécifiquement pour les exploitations minières à ciel ouvert et les industries de traitement de minerai (Banque mondiale 1995). La Banque mondiale recommande également des valeurs seuils pour certains polluants (c.-à-d., pour le SO₂, NO₂, PM₁₀ et les matières particulaires totales en suspension [MPTS]) pouvant être utilisées quand les lignes directrices d'un pays ou d'un projet spécifique ne sont pas disponibles. Les valeurs seuils utilisées pour définir un bassin atmosphérique moyennement dégradé ont été utilisées comme critères pour ce projet (Banque mondiale 1998). Les lignes directrices générales pour l'environnement de la Banque mondiale ont aussi été indiquées pour fin de comparaison. En l'absence de lignes directrices de la Banque mondiale, celles de l'OMS ont été utilisées, y compris pour le plomb et le mercure (OMS 2000). Le tableau 3.3-2 résume les critères de la qualité de l'air utilisés pour l'usine de traitement.

La méthodologie d'évaluation des impacts utilisée pour le projet Ambatovy a été décrite dans le volume A, section 7, et comprend l'évaluation des effets résiduels. Les effets résiduels concernant la qualité de l'air sont classés au moyen de critères quantitatifs permettant de déterminer la conséquence sur l'environnement. Chaque impact est d'abord décrit selon les critères suivants: intensité, portée géographique et durée. Deux critères additionnels ont également été utilisés pour l'évaluation de la qualité de l'air: la réversibilité et la fréquence. Le tableau 3.3-3 présente en détail les critères de description des impacts sur la qualité de l'air de l'EIE.

Le critère de réversibilité traite du potentiel de récupération du récepteur écologique. Un effet est défini irréversible si, à long terme (selon la définition de durée du volume A, section 7), la ressource affectée ne peut être restaurée à sa condition pré-impact. L'impact sur la qualité de l'air est toujours réversible.

La fréquence décrit le nombre de fois qu'un effet se produit au cours d'une période donnée. Elle est classée faible, moyenne ou élevée.

Tableau 3.3-2 Critères de la qualité de l'air ambiant

Paramètre	Banque mondiale ^(a)		OMS ^(c)	Critères utilisés pour le projet
	Général	Bassin atmosphérique moyennement dégradé ^(b)		
Dioxyde de soufre (SO ₂)				
moyenne sur 24 heures [µg/m³]	125	150	125	150
moyenne annuelle [µg/m³]	50	80	50	80
Dioxyde d'azote (NO ₂)				
moyenne sur 24 heures [µg/m³]	150	150	—	150
moyenne annuelle [µg/m³]	—	100	40	100
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S)				
1 heure [µg/m³]	—	—	7 ^(d)	7 ^(d)
moyenne sur 24 heures [µg/m³]	—	—	150	150
Matières particulaires totales en suspension (MPTS)				
moyenne annuelle [µg/m³]	50	80	—	80
PM ₁₀				
moyenne sur 24 heures [µg/m³]	—	150	— ^(e)	150
moyenne annuelle [µg/m³]	—	50	— ^(e)	50
Métaux				
plomb				
annuel [µg/m³]	—	—	0,5	0,5
Mercure				
annuel [µg/m³]	—	—	1	1

^(a) Source: Banque mondiale 1998.

^(b) Ces valeurs sont basées sur les recommandations de la Banque mondiale, spécifiques à chaque polluant lorsque les lignes directrices pour le pays ne sont pas disponibles.

^(c) Source: OMS 2000.

^(d) En l'absence d'un critère d'une (1) heure pour le H₂S, le seuil d'odeur de 30 minutes pour le H₂S recommandé par l'OMS a été utilisé.

^(e) L'OMS recommande une approche fondée sur les risques afin d'évaluer les effets de PM₁₀, par conséquent, aucune lignes directrices ne sont fournies.

“—” Indique qu'aucun critère n'est disponible.

Tableau 3.3-3 Critères de description des impacts sur la qualité de l'air

Ressource	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
qualité de l'air	positive: diminution des émissions et/ou des concentrations ambiantes négative: augmentation des émissions et/ou des concentrations ambiantes	l'intensité varie selon le contaminant de l'air évalué; détails spécifiques fournis au tableau 3.3-4.	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	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

L'orientation d'un impact peut être positive ou négative en ce qui concerne la question clé (par ex., une réduction des concentrations prévues dans l'air serait considérée comme un impact positif, alors qu'une augmentation des concentrations dans l'air serait considérée comme un impact négatif).

L'intensité est une mesure du degré de changement des résultats aux points finaux (*endpoints*) de mesure ou d'analyse. Elle est classée négligeable, faible, moyenne ou forte. La classification de l'intensité d'un impact selon diverses catégories est basée sur un ensemble de critères, sur des concepts écologiques et sur le jugement professionnel. La qualité de l'air des ressources évaluées et les critères d'intensité utilisés pour évaluer les effets résiduels sont décrits au tableau 3.3-4.

En règle générale, l'intensité est classée « négligeable » si aucune augmentation des effets découlant des émissions de l'usine de traitement n'est prévue. Une « faible » intensité est assignée lorsqu'une augmentation des résultats est prévue, cependant les valeurs maximales demeurent inférieures à 5% du critère. Une intensité « moyenne » est assignée lorsque les concentrations maximales sont inférieures au critère mais correspondent à plus de 5% du critère. Une intensité « forte » est assignée lorsque les concentrations maximales sont supérieures au critère. Dans certains cas, aucune ligne directrice applicable de la Banque mondiale n'est disponible. Dans ces cas, les critères de l'OMS ont été utilisés.

Tableau 3.3-4 Classification de l'intensité concernant la qualité de l'air

Paramètre	Intensité ^(a)			
	Négligeable	Faible	Moyenne	Forte
concentration de SO ₂ sur 24 heures [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 7,5	≤ 150	> 150
concentration de SO ₂ sur 1 an [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 4	≤ 80	> 80
concentration de NO ₂ sur 24 heures [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 7,5	≤ 150	> 150
concentration de NO ₂ sur 1 an [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 5	≤ 100	> 100
concentration de H ₂ S sur 1 heure [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 0,35	≤ 7	> 7
concentration de H ₂ S sur 24 heures [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 7,5	≤ 150	> 150
concentration de MPTS sur 1 an [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 4	≤ 80	> 80
concentration de PM ₁₀ sur 24 heures [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 7,5	≤ 150	> 150
concentration de PM ₁₀ sur 1 an [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 2,5	≤ 50	> 50
concentration de plomb sur 1 an [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 0,025	≤ 0,5	> 0,5
concentration de mercure sur 1 an [µg/m³]	pas d'augmentation	≤ 0,05	≤ 1	> 1

^(a) L'intensité est basée sur les valeurs de prévision maximales à l'extérieur des limites de la propriété.

Le tableau 3.3-5 montre le système d'évaluation préliminaire permettant de déterminer la conséquence sur l'environnement. Ce système d'évaluation préliminaire est basé sur le fait que la portée géographique des impacts sur la qualité de l'air est locale, que l'orientation des impacts est négative, que la durée est à moyen terme (3 à 30 ans) et que les impacts sont réversibles.

Tableau 3.3-5 Système d'évaluation préliminaire de la conséquence sur l'environnement concernant la qualité de l'air

Intensité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
négligeable	toutes les fréquences	négligeable
faible	faible	faible
faible	moyenne	faible
faible	élevée	faible
moyenne	faible	faible
moyenne	moyenne	faible
moyenne	élevée	faible
forte	faible	moyenne
forte	moyenne	moyenne
forte	élevée	moyenne

Note: Le système d'évaluation préliminaire est basé sur le fait que la portée géographique est locale, que l'orientation des impacts est négative et que les impacts sont réversibles.

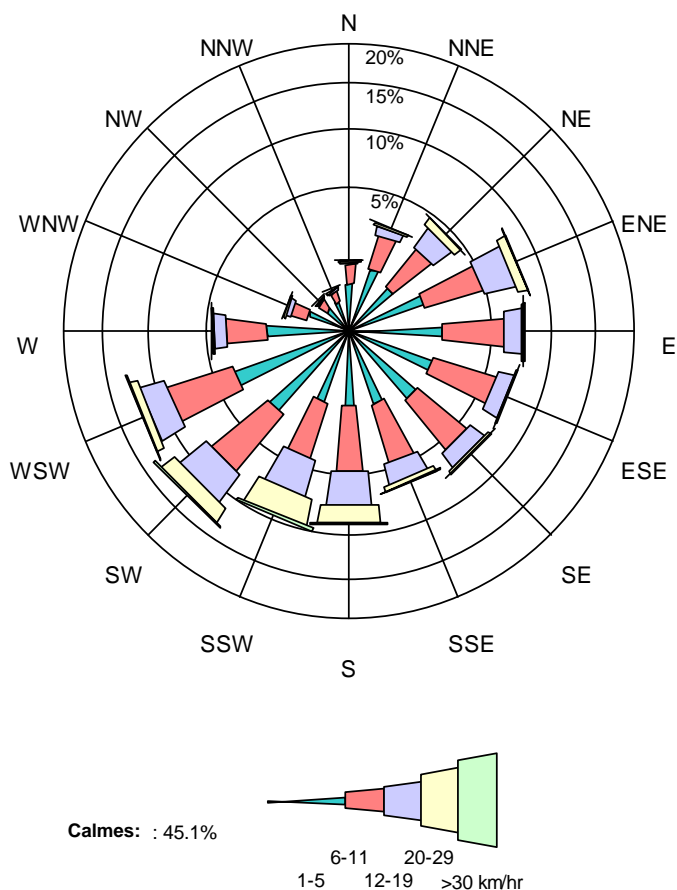
3.3.4 Résumé de l'étude de référence

L'usine de traitement sera située au sud-ouest de la ville de Toamasina sur la côte est de Madagascar. Les températures quotidiennes maximales à Toamasina

varient entre 25 et 30°C durant l'année et les températures quotidiennes minimales entre 17 et 23°C. Toamasina est l'un des lieux de l'île qui reçoit les plus fortes précipitations annuelles (3368 mm), la pluie survenant en moyenne 255 jours par année (OMM 2005). Une analyse détaillée des précipitations à Toamasina est fournie dans l'étude de référence sur l'hydrologie (volume I, annexe 8.1).

La figure 3.3-1 montre une rose des vents intégrant les données recueillies à Toamasina de 2001 à 2003. Les directions prédominantes des vents sont du secteur sud au secteur ouest-sud-ouest. La vitesse annuelle moyenne du vent est de 6 km/h alors que la vitesse horaire maximum est de plus de 60 km/h. Une importante caractéristique des vents à Toamasina est la fréquence élevée de conditions calmes (45,1%). Il existe une configuration journalière bien définie des vents caractérisée par des conditions calmes (vents de moins de 3 km/h) se produisant surtout la nuit

Figure 3.3-1 Rose des vents de Toamasina (2001 à 2003)



Etant donné que l'usine de traitement est à proximité de la ville de Toamasina et que d'autres industries sont à proximité, il est attendu que la qualité de l'air soit dégradée par rapport à celle des secteurs ruraux. Les données sur la qualité de l'air à Madagascar sont limitées; cependant, une revue de la qualité de l'air dans d'autres pays africains a démontré que les concentrations de SO₂ et de matières particulaires sont un problème courant dans les régions habitées où le charbon de qualité inférieure et le bois sont utilisés comme combustibles (Engelbrecht et al. 2001, Emberson et al. 2001). L'Organisation mondiale de la santé (OMS) a établi que la concentration moyenne de PM₁₀ dans les centres urbains de Madagascar se situe entre 21 et 25 µg/m³ (site Web de l'OMS 2005).

3.3.5 Evaluation des impacts

3.3.5.1 Portée des enjeux

Des enjeux spécifiques concernant la qualité de l'air ont été identifiés par l'entremise de consultation avec les parties prenantes (volume A, section 6) ainsi que par une revue des évaluations environnementales précédentes concernant l'exploitation des ressources à Madagascar et ailleurs. Des inquiétudes ont été exprimées au sujet des émissions de carbone, des gaz nocifs et des gaz à effet de serre. Les trois facteurs principaux présentés ci-dessous pourraient affecter la qualité de l'air dans le secteur d'étude de l'usine de traitement:

- émissions produites par la combustion (c.-à-d., chaudières à charbon)
- émissions produites par le traitement
- émissions de poussière (c.-à-d., poussière qui proviennent des piles de stockage et qui sont soulevées par le vent)

Les indicateurs clés sont le dioxyde de soufre (SO₂), les oxydes d'azote (NO_x), le dioxyde d'azote (NO₂), les matières particulaires totales en suspension (MPTS), les matières particulaires de diamètre de moins de 10 µm (PM₁₀), le sulfure d'hydrogène (H₂S), les métaux traces et les gaz à effet de serre.

Le brouillard d'acide sulfurique n'a pas été considéré comme un indicateur clé de la qualité de l'air. Une bonne partie de l'acide sulfurique dans l'air est formée à partir du SO₂ (dioxyde de soufre) émis lorsque des combustibles tels le charbon, le pétrole et le gaz sont brûlés. Le SO₂ émis forme lentement du SO₃ (trioxyde de soufre), qui réagit avec l'eau dans l'atmosphère pour former de l'acide sulfurique. L'acide sulfurique peut aussi être émis directement par des sources industrielles telles l'usine de traitement. L'acide sulfurique existe sous forme de particules ou de gouttelettes qui se dissipent dans les nuages, le brouillard, la pluie ou la neige, produisant des solutions d'acide dilué qui sont enlevées de

l'atmosphère par procédés de dépôts humides. Etant donné que l'acide sulfurique est enlevé par dépôts humides et puisqu'il n'existe pas de critères de qualité de l'air pour l'acide sulfurique, ce dernier n'a pas été considéré comme indicateur clé dans l'évaluation de la qualité de l'air.

Deux questions ont été formulées au sujet de la qualité de l'air:

Question clé QA-1 **Comment la mise en production de l'usine de traitement, du port et du parc à résidus affectera-t-elle la qualité de l'air?**

Question clé QA-2 **Comment la mise en production de l'usine de traitement affectera-t-elle la production et la gestion des gaz à effet de serre?**

Les principaux facteurs qui pourraient affecter la qualité de l'air près du parc à résidus sont les émissions des gaz d'échappement des véhicules durant la construction. Ces émissions devraient être temporaires et localisées. Des effets négligeables sur la qualité de l'air sont prévus durant l'exploitation du parc à résidus. A cause de la nature des résidus, aucun composé volatil ne sera émis par le parc à résidus. Cependant, il pourrait y avoir des émissions localisées provenant des véhicules nécessaires à l'entretien continu des installations.

Les principaux facteurs qui pourraient affecter la qualité de l'air dans l'extension portuaire sont les émissions des gaz d'échappement des véhicules durant la construction des nouveaux aménagements portuaires ainsi que les émissions attribuables à l'augmentation de la circulation maritime et routière à cause du projet. Etant donné que les activités de construction seront localisées et temporaires, les changements à la qualité de l'air devraient être négligeables durant la construction. La circulation maritime et routière devrait augmenter durant la phase d'exploitation du projet; cependant, les émissions des véhicules seront négligeables par rapport à toutes les émissions du projet dans le secteur d'étude.

3.3.5.2 Question clé QA-1 Comment la mise en production de l'usine de traitement, du port et du parc à résidus affectera-t-elle la qualité de l'air?

Il est prévu que la plupart des effets atmosphériques se produiront durant la phase d'exploitation de l'usine de traitement, tel que présenté dans les diagrammes de liens sur la qualité de l'air (volume H, annexe 9). Les changements à la qualité de l'air peuvent avoir un effet sur la végétation, les ressources aquatiques, la santé de la faune et/ou la santé humaine. Les effets du parc à résidus et de

l'extension portuaire sur la qualité de l'air ont été considérés négligeables; par conséquent, ils n'ont pas été inclus dans l'évaluation.

Sources des émissions

Les activités de l'usine de traitement durant la phase d'exploitation entraîneront l'émission de SO₂, NO_x, matières particulaires et H₂S dans l'atmosphère. Les émissions durant la production maximale normale ont été fournies par Dynatec. Les émissions de dioxyde de soufre des torchères et les émissions de particules diffuses des piles de stockage de charbon et de calcaire ont été dérivées par Golder Associés (Golder), à partir des informations fournies par Dynatec. Les hypothèses d'émissions atmosphériques sont fournies en détails au volume I, annexe 4.2. Les émissions de l'usine de traitement sont résumées au tableau 3.3-6.

Durant les périodes de vent fort, il est possible que la poussière soit soufflée des zones exposées des sols et des piles de stockage de l'usine de traitement, du parc à résidus et du site du port. Bien que les émissions causées par ces événements puissent être calculées avec précision, il n'est généralement pas possible de modéliser les émissions avec exactitude. Le modèle de dispersion CALPUFF permet à l'utilisateur d'entrer un seuil de vitesse du vent sous lequel les émissions de poussières soulevées par le vent ne se produiront pas. En évaluant les décharges de particules des piles de stockages, il a été déterminé que l'érosion éolienne des zones exposées se produirait quand les vitesses du vent dépasseraient 5,3 m/s. De telles vitesses ont été observées au site de l'usine de traitement durant 1251 heures au cours d'une année.

Les émissions des torchères durant l'exploitation normale sont supposées être continues. Les émissions de dioxyde de soufre ont été calculées à partir des données sur la composition des gaz et du débit volumétrique fournies par le promoteur. Deux autres scénarios de brûlage à la torche – pour l'entretien et les urgences – ont été modélisés et les résultats sont présentés au volume I, annexe 4.2.

Tableau 3.3-6 Résumé des émissions atmosphériques de l'usine de traitement

Source	Taux d'émission [t/j]				
	SO ₂	NO _x	PM ₁₀	MPTS	H ₂ S
lixiviation – réservoir de neutralisation de la liqueur (combiné)	—	—	—	—	0,239
lixiviation – torchère de sulfure	0,042	0,000	—	—	0,000
lixiviation – dépoussiéreur d'évent	—	—	—	—	0,001
centrales – usine d'hydrogène (combiné)	0,058	0,084	—	—	—
centrales – torchère de sulfure d'hydrogène	0,101	0,000	—	—	0,001
centrales – fusion, neutralisation et filtration du soufre	0,005	—	—	—	—
centrales – usine d'acide	6,048	—	—	—	—
centrales – broyage de calcaire	—	—	0,006	0,006	—
centrales – calcination de calcaire	1,342	0,720	0,048	0,048	—
centrales – extinction de la chaux	—	—	0,001	0,001	—
centrales – chaudières au charbon	8,194	4,421	0,370	0,370	—
pile de stockage de charbon	—	—	0,009	0,017	—
pile de stockage de calcaire	—	—	0,009	0,019	—
total^(a)	15,789	5,225	0,443	0,460	0,242

“—” indique aucune émission de cette source.

(a) Certains chiffres ont été arrondis pour fin de présentation. Il peut donc sembler que les totaux ne correspondent pas à la somme des valeurs individuelles.

Note: Les prévisions des concentrations de matières particulaires sont ajustées en leur soustrayant les métaux traces selon le contenu en métal du charbon; par conséquent, les émissions ne sont pas présentées.

Mesures d'atténuation

L'évaluation de la qualité de l'air est basée sur la conception préliminaire de l'usine de traitement qui incorpore certains contrôles des émissions. Les prévisions sur la qualité de l'air ont été utilisées pour incorporer les contrôles efficaces des émissions qui permettraient de réduire les impacts sur la qualité de l'air. Dynatec s'est engagée à installer l'équipement qui respectera les normes et lignes directrices appropriées.

Résultats

Composés clés

Les émissions prévues de SO₂, NO_x, MPTS, PM₁₀ et composés traces (y compris les métaux) provenant de l'usine de traitement ont été entrées dans le modèle de dispersion CALPUFF afin de déterminer les concentrations au niveau du sol pour tout le secteur d'étude et pour certaines communautés choisies dans la région. On a fait fonctionner le modèle CALPUFF en régime permanent (2-D) à partir de trois années d'observations météorologiques de Toamasina. Un résumé de la modélisation des prévisions maximales au niveau du sol est présenté au tableau 3.3-7. Les résultats et figures sont aussi présentés au volume I, annexe 4.2.

Tableau 3.3-7 Prévisions maximales de la qualité de l'air au niveau du sol dans le secteur d'étude de l'usine de traitement

Paramètre	Période de calcul de la moyenne	
	24 heures	Annuellem
Dioxyde de soufre (SO₂)		
concentration maximale de SO ₂ [µg/m ³]	69,0	7,9
concentration maximale de SO ₂ à l'extérieur de la propriété [µg/m ³]	68,4	7,8
distance à la concentration maximale [km] ^(a)	1,0	1,0
direction relative de la concentration maximale ^(a)	WNW	W
critère de la Banque mondiale pour le SO₂ [µg/m³]	150	80
Dioxyde d'azote (NO₂)		
concentration maximale de NO ₂ [µg/m ³]	20,3	2,3
concentration maximale de NO ₂ à l'extérieur de la propriété [µg/m ³]	20,3	2,3
distance à la concentration maximale [km] ^(a)	1,3	1,0
direction relative de la concentration maximale ^(a)	WNW	W
critère de la Banque mondiale pour le NO₂ [µg/m³]	150	100
Matières particulaires totales en suspension (TSP)		
concentration maximale de MPTS [µg/m ³]	—	2,4
concentration maximale de MPTS à l'extérieur de la propriété [µg/m ³]	—	0,8
distance à la concentration maximale [km] ^(a)	—	0,5
direction relative de la concentration maximale ^(a)	—	NNE
Critère de la Banque Mondiale pour le MPTS [µg/m³]	—	80
Matières particulaires (PM₁₀)		
concentration maximale de PM ₁₀ [µg/m ³]	11,1	1,4
concentration maximale de PM ₁₀ à l'extérieur de la propriété [µg/m ³]	4,5	0,5
distance à la concentration maximale [km] ^(a)	0,5	0,5
direction relative de la concentration maximale ^(a)	NNE	NNE
Critère de la Banque Mondiale pour le PM₁₀ [µg/m³]	150	50

^(a) La distance et la direction relative sont celles de la concentration maximale en un point à l'extérieur des limites de la propriété.

“—” Indique aucune émission de cette source.

Les tableaux 3.4-8 à 3.4-10 présentent les prévisions de concentrations maximales de SO₂, NO₂, MPTS et PM₁₀ émises par l'usine de traitement pour des périodes de 24 heures et annuelles, dans les communautés. Les concentrations de fond causées par les activités dans les communautés n'ont pas été ajoutées aux prévisions à cause du manque de données existantes sur la qualité de l'air ambiant. Aucune des concentrations ne dépasse les critères établis par la Banque Mondiale.

Tableau 3.3-8 Prévisions des concentrations maximales de SO₂ dans les communautés

Communauté	Concentration maximale de SO ₂ [µg/m ³]	
	24 heures	Annuelle
Ambarimilambana	14,1	1,2
Ambatoroa	54,6	5,7
Amboakarivo	31,2	1,5
Ambodikily	12,7	1,1
Ambodisaina	26,3	2,8
Amboditandroho	19,3	1,0
Ampasimbola	43,1	4,9
Ampasinambo	11,5	1,3
Ampihaonana	9,9	1,4
Ampirasantany	13,7	1,3
Analabe	39,9	4,0
Antananambo	23,1	2,9
Antanandava	32,6	3,7
Antsiranandakana	48,8	5,7
Mahatsara	30,3	1,5
Manamboasio	37,6	5,1
Toamasina	21,9	3,0
Vohitsara	28,1	1,8
critère de SO₂ de la Banque mondiale [µg/m³]	150	80

Note: Les prévisions des concentrations pour les communautés ne comprennent pas les concentrations de fond.

Tableau 3.3-9 Prévisions des concentrations maximales de NO₂ dans les communautés

communauté	Concentration maximale de NO ₂ [µg/m³]	
	24 heures	Annuelle
Ambarimilambana	4,3	0,3
Ambatoroa	16,7	1,8
Amboakarivo	8,3	0,4
Ambodikily	4,1	0,3
Ambodisaina	7,7	0,8
Amboditandroho	5,8	0,3
Ampasimbola	13,6	1,5
Ampasinambo	3,4	0,4
Ampihaonana	3,5	0,5
Ampirasantany	5,4	0,4
Analabe	11,2	1,0
Antananambo	7,4	0,9
Antanandava	10,3	1,1
Antsiranandakana	14,5	1,7
Mahatsara	8,6	0,4
Manamboasio	9,4	1,3
Toamasina	7,7	0,9
Vohitsara	8,5	0,5
critère de la Banque mondiale pour le NO₂ [µg/m³]	150	100

Note: Les prévisions de concentrations pour les communautés ne comprennent pas les concentrations de fond.

Tableau 3.3-10 Prévisions des concentrations maximales de matières particulaires dans les communautés

Communautés	Concentration maximale de MPTS [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentration maximale de PM ₁₀ [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	
	Annuelle	24 heures	Annuelle
Ambarimilambana	0,0	0,4	0,0
Ambatoroa	0,2	1,5	0,2
Amboakarivo	0,0	0,7	0,0
Ambodikily	0,0	0,3	0,0
Ambodisaina	0,1	0,8	0,1
Amboditandroho	0,0	0,5	0,0
Ampasimbola	0,1	1,1	0,1
Ampasinambo	0,0	0,3	0,0
Ampihaonana	0,0	0,3	0,0
Ampirasantany	0,1	0,5	0,1
Analabe	0,1	1,1	0,1
Antananambo	0,1	0,6	0,1
Antanandava	0,1	0,9	0,1
Antsiranandakana	0,2	1,3	0,2
Mahatsara	0,0	0,7	0,0
Manamboasio	0,2	1,9	0,2
Toamasina	0,1	0,6	0,1
Vohitsara	0,1	0,7	0,1
critères de la Banque mondiale [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	80	150	50

Note: Les prévisions des concentrations pour les communautés ne comprennent pas les concentrations de fond.

Le tableau 3.3-11 présente les prévisions de concentrations maximales de H₂S émises par l'usine de traitement sur 1 heure et sur 24 heures dans les communautés de la région. Les concentrations sont toutes en deçà des critères appropriés sauf pour la concentration sur 1 heure de H₂S. Dans certaines communautés à proximité du site de l'usine, les concentrations sur 1 heure de H₂S sont au-dessus du seuil d'odeur de 30 minutes (7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandé par l'OMS. Contrairement au critère de H₂S sur 24 heures, le critère sur 1 heure est basé uniquement sur la perception de l'odeur. Le Volume D, section 5.4, aborde la question de l'odeur dégagée par l'usine de traitement.

Les prévisions des concentrations annuelles de plomb et de mercure ont aussi été modélisées pour les communautés et les valeurs obtenues sont toutes très inférieures aux critères annuels de l'OMS de 0,5 et 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivement. Les résultats sont présentés à l'annexe 4.2, section 4.4.4.

Tableau 3.3-11 Prévisions des concentrations maximales de H₂S dans les communautés

Communautés	Concentration maximale sur 1 heure [µg/m³]	Fréquence au-dessus de 7 µg/m³	Concentration maximale sur 24 heures [µg/m³]
Ambarimilambana	4,3	0,0%	0,6
Ambatoroa	33,7	2,5%	4,9
Amboakarivo	20,6	0,2%	2,2
Ambodikily	5,7	0,0%	0,6
Ambodisaina	16,0	0,1%	1,5
Amboditandroho	7,4	0,0%	1,2
Ampasimbola	24,0	1,4%	5,3
Ampasinambo	4,0	0,0%	0,6
Ampihaonana	7,0	0,0%	0,6
Ampirasantany	35,0	0,1%	1,5
Analabe	29,5	1,1%	3,7
Antananambo	15,8	0,1%	1,2
Antanandava	20,4	0,9%	3,0
Antsiranandakana	27,5	1,4%	3,5
Mahatsara	15,9	0,2%	2,0
Manamboasio	33,5	2,8%	8,8
Toamasina	7,8	0,0%	1,1
Vohitsara	9,4	0,0%	1,5
critère de l'OMS pour le H₂S [µg/m³]	7	—	150

Note: Les concentrations prévues pour les communautés ne comprennent pas les concentrations de fond.

Acidification

La méthode favorisée pour l'évaluation des dépôts atmosphériques acides consiste à déterminer l'apport acide potentiel (AAP), qui tient compte de l'effet acidifiant du soufre et de l'azote. Une description détaillée de l'AAP est présentée au volume I, annexe 4.2. Les émissions de SO₂ et de NO_x de l'usine de traitement ont été entrées dans le modèle de dispersion CALPUFF et les valeurs d'AAP ont été prévues. La valeur maximale annuelle pour l'AAP à l'extérieur des limites de la propriété était de 21,8 keq/ha/an, observée à la lisière nord de la propriété. Les prévisions d'AAP sont présentées graphiquement à la figure 4.2-24 de l'annexe:4.2. La valeur moyenne de l'AAP dans le secteur à l'étude est de 0,4 keq/ha/an. Les effets de l'AAP sur les divers écosystèmes sont abordés dans les sections biologiques appropriées du volume D.

Odeur

L'effet des émissions de l'usine de traitement sur les odeurs dans les communautés voisines a été évalué en prévoyant les concentrations des composés odorants au niveau du sol à partir du modèle CALPUFF en régime permanent (2-D). La source première des émissions odorantes de l'usine de traitement est le réservoir de neutralisation de la liqueur, qui émet 0,2 t/j de H₂S. L'impact des odeurs a été évalué au moyen de la valeur du seuil d'odeur sur 30 minutes, soit 7 µg/m³, recommandée par l'OMS (OMS 2000).

Le tableau 3.3-12 présente les prévisions d'odeur sur 1 heure et de pointe pour les communautés considérées dans l'évaluation de la qualité de l'air. Les valeurs présentées sont les concentrations moyennes sur 1 heure; cependant, les prévisions du modèle CALPUFF sont représentatives des concentrations moyennes calculées sur une période allant de quelques minutes à une heure. Les concentrations réelles au niveau du sol fluctueront à l'intérieur des périodes de calcul de la moyenne. La capacité à détecter des odeurs est généralement liée aux fortes concentrations de pointe durant chaque heure. Pour tenir compte de ces fluctuations, une concentration de pointe a été déterminée en appliquant un facteur multiplicatif aux estimations du modèle CALPUFF. Turner (1969), Hanna et al. (1982) et Pasquill et Smith (1983) ont proposé divers facteurs convenables pour convertir les prévisions moyennes sur 1 heure en concentrations de pointe. Un facteur de 10 convient le mieux à proximité des sources et un facteur de 2 convient le mieux quand les récepteurs sont à des distances de 2 à 5 km des sources d'émission. Ainsi, un facteur de 2 a été choisi pour les concentrations de pointe déterminées à partir des prévisions d'odeur sur 1 heure.

Les résultats indiquent que les émissions de l'usine de traitement peuvent causer une augmentation des niveaux d'odeur dans certaines communautés avoisinantes et que la plus forte fréquence de détection des odeurs est d'environ 4% du temps.

Impacts résiduels

Classification des impacts

Les émissions de SO₂, de NO_x, de matières particulaires et de composés traces de l'usine de traitement entraîneront des changements à la qualité de l'air ambiant. Tous ces changements sont de faible intensité (tableau 3.3-13). Les prévisions des concentrations de SO₂, NO₂, MPTS, PM₁₀ et des composés traces sont toutes en deçà des lignes directrices de la Banque Mondiale pour le secteur à l'étude et pour les communautés de la région. Ces prévisions sont de faible intensité pour les 7 paramètres évalués. Ceux-ci ont également une faible conséquence sur l'environnement, à l'exception de l'impact du H₂S sur 1 heure. La valeur du paramètre du H₂S sur 1 heure dans les communautés a un niveau moyen de conséquences sur l'environnement parce que certaines des prévisions des

concentrations dépassaient le seuil d'odeur en 30 minutes ($7 \mu\text{g}/\text{m}^3$) recommandé par l'OMS

Tableau 3.3-12 Préviation d'odeurs sur 1 heure et de pointe dans les communautés

Communauté	concentration sur 1 heure		concentration de pointe	
	nbre d'heures > seuil	Fraction du temps	nbre d'heures > seuil	Fraction du temps
Ambarimilambana	0	0,0%	1	0,0%
Ambatoroa	215	2,5%	371	4,2%
Amboakarivo	16	0,2%	29	0,3%
Ambodikily	0	0,0%	2	0,0%
Ambodisaina	10	0,1%	45	0,5%
Amboditandroho	1	0,0%	15	0,2%
Ampasimbola	124	1,4%	260	3,0%
Ampasinambo	0	0,0%	1	0,0%
Ampihaonana	0	0,0%	3	0,0%
Ampirasantany	11	0,1%	19	0,2%
Analabe	100	1,1%	197	2,2%
Analamboantsihona	360	4,1%	634	7,2%
Antananambo	9	0,1%	40	0,5%
Antanandava	78	0,9%	151	1,7%
Antsiranandakana	122	1,4%	252	2,9%
Mahatsara	16	0,2%	36	0,4%
Manamboasio	246	2,8%	391	4,5%
Toamasina	2	0,0%	32	0,4%
Vohitsara	2	0,0%	14	0,2%

Niveau de confiance des prévisions

L'évaluation des changements à la qualité de l'air repose principalement sur l'utilisation de modèles de dispersion atmosphérique pour prévoir les niveaux ambiants attendus. Comme dans toute forme de prévision, il existe des incertitudes concernant la capacité du modèle de prévoir les concentrations avec exactitude. Pour minimiser certaines de ces incertitudes, un modèle de dispersion reconnu (c.-à-d., CALPUFF) a été choisi. Ce modèle a fait l'objet d'un examen approfondi aux Etats-Unis afin de s'assurer qu'il fournit des prévisions réalistes, mais prudentes.

L'autre incertitude associée aux prévisions sur la qualité de l'air se rattache aux prévisions des émissions de l'usine de traitement. Cette incertitude a été réduite en utilisant des facteurs d'émission établis et la plus récente description du projet.

Là où les incertitudes n'ont pu être évitées, des estimations prudentes des émissions ont été utilisées pour s'assurer que les impacts possibles ne soient pas sous-estimés.

Surveillance et suivi

A partir des résultats de la modélisation et de l'évaluation de l'impact de l'usine de traitement sur la qualité de l'air, aucune surveillance additionnelle n'est recommandée. Les prévisions de tous les niveaux maxima de SO₂, de NO₂, de matières particulaires, de plomb et de mercure respectent les lignes directrices de la Banque mondiale et de l'OMS.

3.3.5.3 Question clé QA-2 Comment la mise en production de l'usine de traitement affectera-t-elle la production et la gestion des gaz à effet de serre?

Le diagramme de liens pour la question clé QA-2 est fourni au volume H, annexe 9.

Analyse des impacts

Les émissions de dioxyde de carbone (CO₂), de méthane (CH₄), d'oxyde nitreux (N₂O) ainsi que les émissions totales de gaz à effet de serre (exprimées en équivalent de dioxyde de carbone [ECO₂], qui comprennent le potentiel plus élevé de gaz à effet de serre de CH₄ et de N₂O) ont été estimées pour la phase d'exploitation de l'usine de traitement selon la production normale maximale.

Le tableau 3.3-14 présente les émissions estimées de gaz à effet de serre (GES) durant la phase d'exploitation de l'usine de traitement en production normale maximale. Les émissions de gaz à effet de serre durant l'exploitation sont estimées à 1920 kt ECO₂/an.

Tableau 3.3-13 Classification des impacts résiduels sur la qualité de l'air

Paramètre	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
SO ₂ sur 24 heures	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
SO ₂ sur 1 an	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
SO ₂ sur 24 heures, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
SO ₂ sur 1 an, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
NO ₂ sur 24 heures	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
NO ₂ sur 1 an	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
NO ₂ sur 24 heures, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
NO ₂ sur 1 an, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
MPTS sur 1 an	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
MPTS sur 1 an, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
PM ₁₀ sur 24 heures	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
PM ₁₀ sur 1 an	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
PM ₁₀ sur 24 heures, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
PM ₁₀ sur 1 an, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
H ₂ S sur 1 heure, dans les communautés	négative	forte	locale	moyen terme	réversible	faible	moyenne
H ₂ S sur 24 heures, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
plomb sur 1 an, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
mercure sur 1 an, dans les communautés	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible

Tableau 3.3-14 Résumé des émissions de gaz à effet de serre de l'usine de traitement

Source	Emissions annuelles [kt/an] de gaz à effet de serre (GES)			
lixiviation – dépoussiéreur d'évent	67,04	—	—	67,04
lixiviation – réservoir de neutralisation de la pulpe (combiné)	280,45	—	—	280,45
lixiviation – réservoir de neutralisation de la liqueur stérile (combiné)	66,69	—	—	66,69
lixiviation – réservoir de neutralisation des résidus (combiné)	92,40	—	—	92,40
lixiviation – réchauffeur de liqueur brute (combiné)	5,76	—	—	5,76
lixiviation – réservoir de neutralisation de la liqueur (combiné)	210,64	—	—	210,64
lixiviation – préréchauffeurs de précipitation des sulfures	3,17	—	—	3,17
lixiviation – torchère de sulfure	0,13	0,00	0,00	0,13
centrales – usine hydrogène (combiné)	60,15	0,01	0,00	60,18
centrales – usine hydrogène (événement H_2)	0,00	0,00	—	0,01
centrales – torchère de sulfure d'hydrogène	0,19	0,00	0,00	0,20
centrales – calcination de calcaire	351,69	0,00	0,00	351,69
centrales – chaudières au charbon	781,65	0,01	0,00	781,68
total^(a)	1919,98	0,02	0,00	1920,05

“—” indique: aucune émission de cette source.

^(a) Certains chiffres ont été arrondis pour fin de présentation. Il peut donc sembler que les totaux ne correspondent pas à la somme des valeurs individuelles.

Le tableau 3.3-15 fournit un résumé des émissions nationales de GES de Madagascar selon les données de 1994. Une comparaison avec les émissions de l'usine de traitement (1920 kt CO_2 /an) aide à placer le projet en perspective. Les émissions de GES nationales en 1994 ont été estimées à 456 323 kt CO_2 /an (MEEF 2004). Les émissions de la mine représenteraient une augmentation de 0,4% des émissions nationales de GES.

Tableau 3.3-15 Emissions nationales de gaz à effet de serre de Madagascar

Source de gaz à effet de serre	CO ₂		CH ₄	N ₂ O
	Emissions	Captage		
émission totale nationale (kt/an)	432 429	671 451	426	42
émission nationale en équivalent CO ₂ (kt ECO ₂ /an)	432 429	671 451	10 444	13 450
I secteur énergie	1141	0	33	0
II secteur procédés industriels	5	—	0	0
III secteur agriculture	0	—	327	42
IV secteur changement d'affectation (des terres)	431 283	671 451	57	0
V secteur gestion des déchets	—	—	10	—
Renseignements additionnels				
a. émission de CO ₂ issue de biomasses	10 812			
b. bilan de séquestration	-239 022			

Source: Le Ministre de l'Environnement, des eaux et des forêts, 2004.

- = Données non disponibles.

3.3.6 Conclusions

La possibilité que les émissions de l'usine de traitement, du parc à résidus et de l'extension portuaire affectent la qualité de l'air dans la région est un enjeu pour les parties prenantes de la région. Malgré les techniques d'atténuation et de contrôle des émissions qui seront incorporées à la conception et aux opérations de l'usine de traitement, il y aura une augmentation des émissions atmosphériques dans la région à cause de l'usine de traitement. L'évaluation de la qualité de l'air de l'usine de traitement comprend des prévisions de concentrations de SO₂, NO₂, MPTS, PM₁₀, H₂S, plomb et mercure.

Les conclusions clés de l'évaluation de la qualité de l'air sont:

- Les prévisions des concentrations maximales sont en deçà des lignes directrices applicables de la Banque Mondiale ou de l'OMS.
- Toutes les prévisions de concentrations dans les communautés de la région respectent lignes directrices de la Banque Mondiale ou de l'OMS, à l'exception du H₂S.
- La prévision de concentration de H₂S sur 1 heure pour certaines communautés est en excès du seuil d'odeur de 30 minutes, de 7 µg/m³, tel que recommandé par l'OMS.

Des 18 combinaisons des paramètres de la qualité de l'air ambiant et des périodes moyennes évaluées, 17 ont été classés comme ayant une faible conséquence sur l'environnement. Un seul paramètre (H₂S sur 1 heure) a été classé comme ayant une conséquence de niveau moyen sur l'environnement, tel qu'indiqué au tableau 3.3-16. Cette conséquence sur l'environnement a été déterminée à partir du critère sur 30 minutes de l'OMS. Ce critère constitue le seuil recommandé pour la perception d'odeur.

Tableau 3.3-16 Classification d'impact moyen pour l'usine de traitement

Paramètre	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
H ₂ S sur 1 heure, dans les communautés	négative	forte	locale	moyen terme	réversible	faible	moyenne

Le principal facteur qui peut affecter la qualité de l'air près du parc à résidus est l'émission des gaz d'échappement des véhicules durant la construction. Cependant, ces émissions devraient être temporaires et localisées. Les émissions atmosphériques résultant de l'exploitation du parc à résidus n'ont pas été identifiées; cependant, il pourrait y avoir des émissions occasionnelles provenant des véhicules effectuant l'entretien continu des installations. Les résidus de pulpe ne sont une source d'émissions atmosphériques. L'impact du parc à résidus sur la qualité de l'air devrait être négligeable.

Les principaux facteurs qui peuvent affecter la qualité de l'air dans l'extension portuaire sont les émissions des gaz d'échappement des véhicules durant la construction de l'extension portuaire, ainsi que les émissions attribuables à l'augmentation de la circulation maritime et routière causée par le projet. Etant donné que les activités de construction seront localisées et temporaires, les changements à la qualité de l'air devraient être négligeables durant la construction. La circulation maritime et routière devrait augmenter durant la phase d'exploitation du projet; toutefois, on s'attend à ce que les émissions des véhicules soient négligeables par rapport à toutes les émissions du projet dans l'ensemble du secteur d'étude de l'usine de traitement. L'impact de l'extension du port sur la qualité de l'air devrait être négligeable.

Les émissions de GES de l'usine de traitement s'élèvent à 1920 kt ECO₂/an, ce qui représente une augmentation de 0,4% des émissions nationales de GES.

3.4 BRUIT

3.4.1 Introduction

L'évaluation du bruit dans le cadre du projet Ambatovy fournit une analyse complète des impacts du projet proposé et identifie les effets potentiels des émissions sonores associées aux activités du projet proposé. Dans le présent volume de l'Etude d'impact environnemental (EIE), les activités du projet associées à l'usine de traitement sont évaluées. Des renseignements sont fournis sur les niveaux de bruit actuels dans le secteur et les changements attendus occasionnés par l'usine de traitement. Compte tenu de la proximité et du petit nombre de sources de bruit associées, le parc à résidus miniers est également pris en compte dans le présent volume de l'EIE.

L'évaluation du bruit vise à déterminer les changements des niveaux actuels de bruit ambiant occasionnés par les opérations 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 D. Le bruit est également un élément considéré dans l'analyse des effets sociaux à la section 5.1 du volume D.

Une introduction aux concepts clés relatifs au bruit qui ont été utilisés dans l'évaluation est fournie à la section 3.5 du volume B.

3.4.2 Secteurs d'étude

Le secteur d'étude pour l'évaluation du bruit de l'usine de traitement et du parc à résidus englobe une zone de 7,5 km par 8 km plus ou moins centrée sur l'empreinte au sol de l'usine de traitement telle qu'illustrée à la section 7.2 du volume A. Les récepteurs spécifiques suivants situés à l'intérieur de cette zone ont été sélectionnés afin de réaliser l'étude d'impact:

- Ambatoroa
- Amboakarivo
- Ampasimbola
- Ampirasantany
- Analabe
- Andranoampandrana
- Ankazosivy

- Antsiranandakana
- Fiadanana
- Mahatsinjo
- Manamboasio
- Marovato

Ces récepteurs constituent les principales zones résidentielles du secteur d'étude selon les résultats des études socioéconomiques (annexe 1.1, volume K).

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 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 situées autour de l'usine. 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 prélevé 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 °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.

Une station située à proximité de l'usine de traitement a été sélectionnée pour effectuer le relevé du bruit: Fiadanana. A la suite de visites du site, cette station a été considérée comme représentative de tous les récepteurs de bruit des communautés situées près de l'usine de traitement.

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 Fiadanana est présenté au tableau 3.4-1. Ceux-ci sont considérés représentatifs des niveaux de bruit actuels à tous les récepteurs des communautés.

Tableau 3.4-1 Résumé des niveaux de bruit actuels, usine de traitement du projet Ambatovy

Station	Période	Heure la plus calme L _{eq} [dBA]	L _{eq} de la période [dBA]
Fiadanana	jour	50	52
	nuit	44	49

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 préoccupations spécifiques aux

impacts potentiels sur le bruit ont été soulevées lors des séances de consultation tenues à Toamasina.

Les facteurs de l'usine de traitement qui peuvent affecter les niveaux de bruit comprennent:

- le bruit généré par les équipements de l'usine de traitement, incluant les chaudières, les pompes, les ventilateurs et autres moteurs ou vannes diverses
- la circulation accrue sur les routes d'accès à l'usine de traitement, particulièrement lors de la phase de construction, mais également durant l'exploitation, peut engendrer des intensifications localisées des niveaux de bruit

Les effets du bruit devraient survenir lors des phases de construction et d'exploitation du projet. Les changements de niveaux de bruit occasionnés par le projet peuvent avoir un effet sur la santé des êtres humains et de la faune. Cela donne lieu à une question clé sur le bruit:

Question clé B-1 Quel effet le bruit issu de l'usine de traitement du projet Ambatovy aura-t-il sur les récepteurs sensibles?

Une analyse des facteurs pouvant affecter le niveau de bruit est résumée sous la forme d'un diagramme de liens à l'annexe 9 du volume H.

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 de la variabilité naturelle du son.

L'évaluation des changements des niveaux de bruit a été effectuée en:

- déterminant les récepteurs potentiels de bruit
- établissant les niveaux de bruit de référence à ces récepteurs
- déterminant l'intensité sonore générée par le projet

- prévoyant l'intensité sonore associée au projet qui sera enregistrée aux récepteurs identifiés
- comparant les niveaux de bruit prévus avec les niveaux de référence et les critères de bruit applicables

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

Les prévisions concernant le bruit ont été réalisées à l'aide du modèle de réduction du bruit assisté par ordinateur CadnaA (Computer Aided Noise Abatement Model). Le modèle a été utilisé afin d'estimer les niveaux de bruit perçus par les communautés avoisinantes dus aux sons émis par l'usine de traitement et de prévoir les niveaux de bruit tout autour du site de l'usine. Le modèle CadnaA est un outil tridimensionnel de prévision du bruit qui calcule l'atténuation du bruit incluant les effets de l'atmosphère, des barrières naturelles et ouvragées, des conditions du terrain, du feuillage et du relief. La méthodologie du modèle est conforme aux normes acoustiques de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et aux critères de la Banque mondiale, fournissant 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 sur la faune (section 4.2, volume D). Les prévisions du 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 à la section 5.5 du volume D.

3.4.4.3 Critères d'impacts résiduels

Les critères utilisés pour le bruit sont les normes de la Banque mondiale pour 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)

- une intensification maximale des niveaux de bruit de fond de 3 dBA (appliqué lorsque le bruit de fond est supérieur respectivement à 55 ou à 45 dBA)

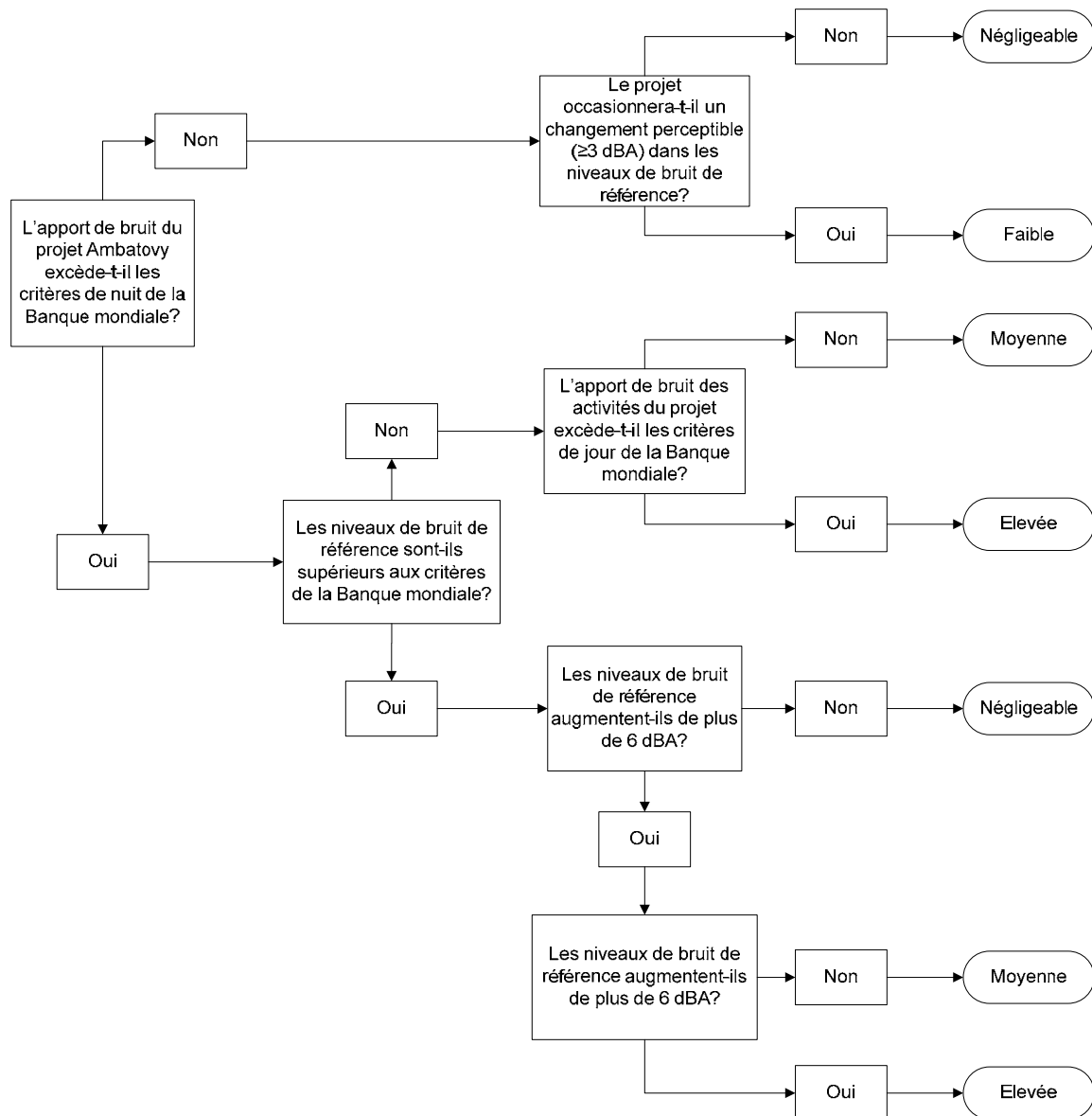
Les critères sont appliqués aux récepteurs (habitations ou communautés) situés à l'extérieur des limites du projet. A l'usine de traitement, cette limite est la limite de propriété.

Les impacts résiduels sont déterminés chez des récepteurs des communautés en fonction des critères de la Banque mondiale. Les paramètres utilisés pour déterminer le niveau de conséquence sur l'environnement aux récepteurs des communautés sont l'orientation, l'intensité, la portée géographique, la durée, la réversibilité et la fréquence. Le seul paramètre qui possède une définition unique pour le bruit est l'intensité. L'échelle d'intensité des impacts est également fondée sur les critères de la Banque mondiale:

- Négligeable: les niveaux de bruit prévus sont inférieurs aux critères de la Banque mondiale et n'affecteront pas les niveaux de bruit de référence.
- Faible: les niveaux de bruit prévus sont inférieurs aux critères de la Banque mondiale, mais accroîtront les niveaux de bruit de référence de la période (jour ou nuit) (là où les niveaux de référence sont inférieurs aux critères de la Banque mondiale).
- Moyenne: les niveaux de bruit prévus sont supérieurs aux critères de la Banque mondiale pour la nuit, mais inférieurs aux critères pour le jour. Lorsque les niveaux de référence sont supérieurs aux critères de la Banque mondiale, les niveaux de bruit s'accroissent de plus de 3 dBA.
- Elevée: les niveaux de bruit prévus dépassent à la fois les critères pour le jour et la nuit de la Banque mondiale. Lorsque les niveaux de référence sont supérieurs aux critères de la Banque mondiale, les niveaux de bruit s'accroissent de plus de 6 dBA.

La figure 3.4-1 illustre le processus de décision de l'intensité de l'impact sur le bruit.

Figure 3.4-1 Arbre de décision de l'intensité de l'impact sur le bruit



- toutes les pompes, incluant les pompes à résidus, respecteront une exigence acoustique de 90 à 95 dBA à 1 m (en se fondant sur le secteur de l'usine de traitement)
- la station de décharge et de transfert du charbon sera isolée
- les bâtiments de la centrale thermique au charbon agiront comme des barrières anti-bruit

3.4.4.4 Emissions sonores

Les sources de bruit prises en considération dans l'évaluation de l'usine de traitement sont résumées au tableau 3.4-2.

Tableau 3.4-2 Emissions sonores de l'usine de traitement

Source	Type de source	Puissance acoustique [dBA]
production d'énergie	ponctuelle	90,4
cheminée des chaudières ^(a)	ponctuelle	100,4
station de transfert de charbon ^(b)	ponctuelle	115,8
basculeur à wagons	ponctuelle	98,4
compresseur à air	ponctuelle	113,7
moteur du convoyeur	ponctuelle	103,7
convoyeur à charbon ^(d)	linéaire	112,8
moteur du convoyeur à charbon ^(e)	linéaire	107,7
secteur 31 épaisissement de la pulpe	étendue	115,6
secteur 32 lixiviation acide	étendue	118,6
secteur 33 neutralisation de la pulpe	étendue	118,6
secteur 34 neutralisation de la liqueur brute	étendue	117,3
secteur 35 précipitation des sulfures	étendue	119,6
secteur 36 lavage et manutention des sulfures	étendue	115,2
secteur 72 tour de refroidissement	étendue	112,0
secteur 67 usine d'acide	étendue	110,0
secteur 69 usine de calcaire	étendue	112,3
secteur 61 alimentation en eau de traitement	étendue	117,6
secteur 62 alimentation en eau de recirculation	étendue	117,6

^(a) Puissance acoustique à chaque occurrence. Il y a deux cheminées de chaudières sur le site de l'usine de traitement.

^(b) Puissance acoustique à chaque occurrence. Il y a huit stations de transfert de charbon.

^(c) Puissance acoustique à chaque occurrence. Il y a quatre moteurs de convoyeur à matériaux.

^(d) Puissance acoustique à chaque occurrence. Il y a quatre convoyeurs à charbon.

^(e) Puissance acoustique à chaque occurrence. Il y a deux moteurs de convoyeur à charbon.

Le modèle présente un instantané des niveaux de bruit continu attendus générés par l'usine de traitement. Afin de s'assurer que le scénario du pire cas ou le niveau de bruit attendu le plus élevé soit évalué, le modèle est fondé sur l'hypothèse que tous les équipements seront utilisés selon leur capacité nominale. D'autres facteurs pris en considération dans le modèle sont le relief, les conditions météorologiques et les conditions du terrain.

Les sources de bruit au niveau de l'usine de traitement et des parcs à résidus lors de l'exploitation devraient consister en une station de pompage et des véhicules de maintenance occasionnels. La pompe de la station de pompage sera similaire aux autres pompes de l'usine de traitement et des parcs à résidus.

3.4.4.5 Résultats

Les niveaux de bruit prévus aux récepteurs des communautés et occasionnés par les activités de l'usine de traitement et des parcs à résidus sont présentés au tableau 3.4-3.

Tableau 3.4-3 Niveaux de bruit prévus, usine de traitement et parcs à résidus

Station	Niveau sonore [dBA]
Ambatoroa	44
Amboakarivo	33
Ampasimbola	37
Ampirasantany	45
Analabe	41
Andranoampandrana	37
Ankazosivy	35
Antsiranandakana	38
Fiadanana	40
Mahatsinjo	39
Manamboasio	45
Marovato	38

Les niveaux de bruit, au niveau des parcs à résidus, occasionnés par la station de pompage, devraient avoir des effets localisés sur une distance de quelques centaines de mètres depuis les pompes. Le bruit généré par la maintenance et le trafic de l'usine est traité à la section 5.5 du volume D.

3.4.4.6 Analyse des impacts résiduels

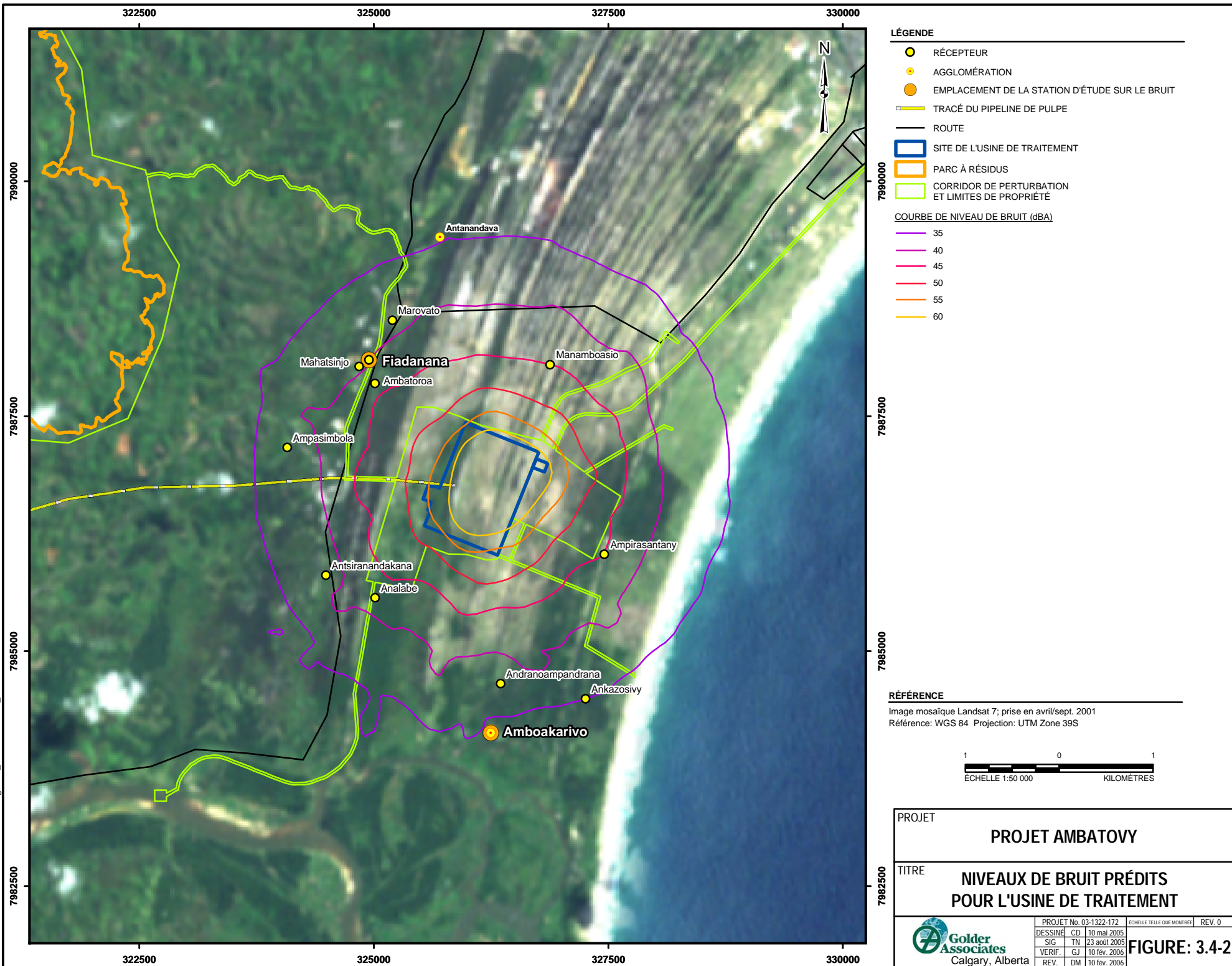
Les fondements de l'analyse des impacts sur le bruit consistent à la fois à comparer les niveaux de bruit prévus aux critères de la Banque mondiale et à déterminer l'intensité du changement par rapport aux niveaux de bruit de référence. Le tableau 3.4-4 compare les niveaux de bruit prévus aux critères de la Banque mondiale. Les niveaux de bruit prévus sont également représentés sur une carte de bruit à la figure 3.4-2. Le tableau 3.4-5 fournit une analyse de l'intensité de changement par rapport aux niveaux de bruit de référence.

Tableau 3.4-4 Comparaison des niveaux de bruit prévus aux critères de la Banque mondiale, site de l'usine de traitement

Station	Niveau sonore [dBA]	Critères de la Banque mondiale [dBA]		Rencontre les critères
		Jour	Nuit	
Ambatoroa	44	55	45	oui
Amboakarivo	33	55	45	oui
Ampasimbola	37	55	45	oui
Ampirasantany	45	55	45	oui
Analabe	41	55	45	oui
Andranoampandranana	37	55	45	oui
Ankazosivy	35	55	45	oui
Antsiranandakana	38	55	45	oui
Fiadanana	40	55	45	oui
Mahatsinjo	39	55	45	oui
Manamboasio	45	55	45	oui
Marovato	38	55	45	oui

Tableau 3.4-5 Changements escomptés par rapport aux niveaux de bruit de référence, site de l'usine de traitement

Station	Période	L _{eq} de la période [dBA]	Niveau de bruit prévu du projet [dBA]	Niveau de bruit combiné [dBA]	Intensité du changement [dBA]
Ambatoroa	jour	52	44	53	+1
	nuit	49	44	50	+1
Amboakarivo	jour	52	33	52	0
	nuit	49	33	49	0
Ampasimbola	jour	52	37	52	0
	nuit	49	37	49	0
Ampirasantany	jour	52	45	53	+1
	nuit	49	45	50	+1
Analabe	jour	52	41	52	0
	nuit	49	41	50	+1
Andranoampandranana	jour	52	37	52	0
	nuit	49	37	49	0
Ankazosivy	jour	52	35	52	0
	nuit	49	35	49	0
Antsiranandakana	jour	52	38	52	0
	nuit	49	38	49	0
Fiadanana	jour	52	40	52	0
	nuit	49	40	50	+1
Mahatsinjo	jour	52	39	52	0
	nuit	49	39	49	0
Manamboasio	jour	52	45	53	+1
	nuit	49	45	50	+1
Marovato	jour	52	38	52	0
	nuit	49	38	49	0



L'intensité des impacts déterminée à l'aide de la figure 3.4-1 est négligeable pour tous les récepteurs des communautés. Les critères de bruit pour la nuit de la Banque mondiale seront respectés dans toutes les communautés; on doit toutefois noter que les niveaux de bruit prévus la nuit à Ampirasantany et à Manamboasio rencontrent la limite de la Banque mondiale de 45 dBA. Les niveaux de bruit de référence dans ces communautés devraient déjà être supérieurs à cette limite du critère (à 49 dBA); ainsi, ces niveaux de bruit ne devraient pas connaître une intensification notable. Les impacts résiduels qui en résultent ont été jugés négligeables et sont résumés au tableau 3.4-6.

L'étude d'impact se concentre sur la phase d'exploitation du projet puisque cette phase constitue le pire cas de bruit. Toutes les prévisions prennent en compte que les équipements (principalement les ventilateurs et les pompes) seront munis de mesures anti-bruit afin que le bruit émis se situe entre 90 et 95 dBA. Il y a moins de sources de bruit lors de la construction et la durée de la période de construction est plus courte que la période d'exploitation. Le bruit occasionné par la construction de l'usine de traitement et du parc à résidus devrait générer moins de bruit dans l'ensemble que l'ensemble des opérations d'exploitation. Puisque les opérations d'exploitation respectent les critères de la Banque mondiale, le bruit émis lors de la construction devrait être également en conformité.

Tableau 3.4-6 Classification des impacts résiduels - bruit

Communauté	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Ambatoroa	Négative: augmentation des niveaux de bruit	Négligeable: aucune augmentation perceptible des niveaux de bruit de fond; les niveaux de bruits sont inférieurs aux critères de la Banque mondiale	Locale: aux récepteurs des communautés, conformément aux critères de la Banque mondiale	Moyen terme: 3 à 30 ans	Réversible: le bruit s'arrête une fois que les activités du projet cessent	Élevée: se produit en continu	Négligeable
Amboakarivo							
Ampasimbola							
Ampirasantany							
Analabe							
Andranoampandranana							
Ankazosivy							
Antsiranandakana							
Fiadanana							
Mahatsinjo							
Manamboasio							
Marovato							

3.4.4.7 Niveau de confiance des prévisions

La modélisation de l'atténuation du bruit extérieur est effectuée 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'émission sonores des fournisseurs d'équipement, quand c'est possible, afin d'assurer l'exactitude des sources. Les niveaux de bruit modélisés pour l'activité actuelle sur le site ont été comparés aux données de bruit de fond afin de s'assurer que les simulations étaient représentatives du site.

Le modèle CadnaA a été conçu afin de prévoir le bruit extérieur conformément à la norme ISO 9613 (1 et 2) de l'Organisation internationale de normalisation (ISO): Acoustique – Atténuation du son lors de sa propagation à l'air libre (ISO 9613) et à plusieurs normes acoustiques internationales et européennes. La méthode de la norme ISO 9613 prévoira l'atténuation du bruit à ± 3 dBA. La documentation du fournisseur du modèle et les publications d'autres sources ne vérifient pas ce niveau d'exactitude pour le modèle CadnaA. Afin de s'assurer que le modèle CadnaA respecte la norme ISO, une étude indépendante a été effectuée. Cette étude s'assure que le modèle calcule correctement suivant la méthode ISO et que ces simulations des niveaux de bruit extérieur rencontrent les mesures de terrain d'une source connue à ± 3 dBA.

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

La question clé B-1 demande: Quel effet le bruit issu de l'usine de traitement du projet Ambatovy aura-t-il sur les récepteurs sensibles? Les effets des niveaux de bruit du projet ont été déterminés en:

- établissant les niveaux de bruit actuels aux récepteurs spécifiques pour le bruit
- prévoyant l'intensité du son généré par les sources majeures de son du projet
- évaluant aux récepteurs spécifiques les niveaux de bruit engendrés

Des impacts négligeables ont été prévus pour le projet. Tous les niveaux de bruit prévus respectent les critères de la Banque mondiale aux récepteurs des communautés identifiés pour l'évaluation. Les changements des niveaux de bruit de référence sont supposés être de 1 dBA ou moins et ne sont pas considérés comme étant perceptibles. Puisque les critères de la Banque mondiale sont respectés et que les changements des niveaux de bruit de référence sont inférieurs à 3 dBA, les effets du bruit du projet sont considérés comme ayant un niveau négligeable de conséquence sur l'environnement.

3.5 RISQUES NATURELS

3.5.1 Introduction

Cette section présente l'étude d'impact environnemental portant sur les effets de l'usine de traitement sur la population et sur l'environnement, conformément aux Termes de référence du projet d'Ambatovy (le projet).

3.5.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude de l'usine de traitement figure au schéma d'implantation du parc à résidus et du site de l'usine, présenté à la figure 7.2-3 du volume A. L'usine de traitement sera située près de la ville de Toamasina sur la côte est de Madagascar. Le secteur des bassins de confinement des résidus sera situé dans des vallées à l'ouest du site de l'usine. L'approvisionnement en eau sera assuré par une station de pompage et une conduite ayant son emprise dans la rivière Ivondro, à quelque 10 km au Sud du site de l'usine. Le port maritime de Toamasina sera largement mis à contribution durant les phases de construction et d'exploitation de l'usine, notamment afin de satisfaire les activités d'importation et d'exportation de l'usine.

L'usine est essentiellement située dans une zone humide relativement plate, présentant de faibles ondulations du terrain pour la plage d'élévation comprise entre 6 et 10 m ASL. Certaines ondulations du relief du terrain, de 1 à 2 mètres d'élévation, sont parallèles au littoral et ont été formées par d'anciennes dunes. Les zones basses entre ces dunes se transforment généralement en zones humides durant la saison des pluies.

Les catastrophes naturelles, notamment les séismes, peuvent provenir d'une zone beaucoup plus grande, laquelle a fait l'objet d'une étude visant à établir les impacts potentiels de ces événements sur l'emplacement du site de l'usine.

3.5.3 Résumé de l'étude de référence

L'évaluation des impacts environnementaux repose sur les données recueillies dans le cadre d'une étude distincte sur les risques naturels et l'évaluation des risques visant l'usine de traitement (Dynatec 2005 - annexe 6.1 du volume I). Dans cette dernière étude, les conditions de référence pour l'usine de traitement sont colligées en fonction de la situation, de la topographie, de la géomorphologie, du climat et de l'activité sismique. L'occurrence potentielle de catastrophes naturelles, les conséquences d'une défaillance en raison d'une

catastrophe naturelle, ainsi que les risques en aval du site du parc à résidus ont également été évalués.

Les données de référence sur les risques naturels sont notamment constituées de données climatiques, se rapportant aux risques de nature hydrologique, et de données sismiques, se rapportant aux risques de nature sismique.

3.5.4 Portée des enjeux

L'évaluation des risques (Dynatec 2005) a identifié cinq principaux types de catastrophes naturelles: sismique, hydrologique, géotechnique, risques liés aux vents et risques de tsunami. Les enjeux associés à chacun de ces risques naturels sont présentés ci-après. Tous les enjeux soulevés au cours des consultations avec les intervenants figurent également dans les scénarios de risques.

Risques sismiques

Un séisme pourrait:

- provoquer une coupure de courant et l'arrêt total des activités de l'usine
- endommager les structures de l'usine
- provoquer la rupture des structures de rétention, telles que les réservoirs de traitement.

Risques hydrologiques

Les pluies torrentielles déversées par le passage d'un cyclone pourraient entraîner:

- des inondations provoquant une surcharge des zones de rétention endiguées
- des inondations provoquées par des ondes de tempête venant de la mer.

Risques liés aux vents

Les vents violents apportés par les cyclones tropicaux pourraient:

- provoquer une coupure de courant et l'arrêt total des activités de l'usine
- endommager les structures de l'usine

- provoquer une rupture des réservoirs de traitement
- propulser des matériaux stockés hors du site
- endommager les structures temporaires et éparpiller des débris.

Risques géotechniques

Des conditions géotechniques imprévues pourraient se produire en raison d'un événement sismique ou hydrologique, occasionnant des dommages à l'usine.

Risques liés aux tsunamis

Un tsunami pourrait déclencher des inondations, occasionnant une surcharge des zones de retention endiguées et endommager les voies d'accès, les voies ferrées et le réseau d'aqueduc.

La question clé concernant les risques naturels est la suivante:

Question clé TG-1 La présence de l'usine de traitement augmente-t-elle les risques causés par des 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 a été réalisée pour les catastrophes naturelles (Dynatec, 2005) au moyen d'un système de classification relatif. Pour chacun des cinq risques naturels décrits à la section 3.5.4, tous les scénarios possibles ont d'abord été identifiés selon le mode de rupture, les conséquences y associées et les mesures d'atténuation de risques envisagés. Les risques résiduels pour tous les scénarios de risque ont alors été estimés à l'aide d'un système de classification relatif. Les risques acceptables ont été établis en fonction des normes internationales afin de réduire au minimum les risques en aval pour la population et les ressources environnementales.

3.5.5.2 Critères d'évaluation

Les critères d'évaluation ayant servi à l'évaluation des risques naturels sont présentés au tableau 3.5-1. Les cinq catégories de risque sont classées selon la probabilité de survenue et l'intensité des conséquences. Le risque global est le produit du système de classification relatif de la probabilité et des conséquences.

Tableau 3.5-1 Description des critères de risque associés à l'usine de traitement

Catégories de classement	Probabilité d'occurrence (Probabilité)		Intensité des conséquences		Risque global
extrêmement faible	1	Probabilité d'occurrence négligeable (<1/10 000 ans) «Il est fort probable qu'un tel événement ne se produira jamais»	1	Aucun décès possible, peu ou pas de dommages aux biens (sauf à ceux du promoteur)	1-4
faible	2	Occurrence peu probable (entre 1/1000 et 1/10 000 ans) «Il est très peu probable qu'un tel événement se produise »	2	Aucun décès prévisible, dommages mineurs aux biens (sauf à ceux du promoteur)	5-8
moyen	3	Fréquence d'occurrence moyenne (entre 1/100 et 1/1000 ans) «Cela pourrait se produire »	3	Aucun décès prévisible, dommages moyens aux biens	9-14
élevé	4	Fréquence d'occurrence élevée (entre 1/10 et 1/100 ans) «Cela s'est déjà produit ou se produira probablement »	4	Certains décès possibles, dommages importants aux biens	15-19
extrêmement élevé	5	Fréquence d'occurrence très élevée (>1/10 an) «Cela se produit souvent »	5	Un grand nombre de décès possible, dommages extrêmes aux biens	20-25

3.5.5.3 Mesures d'atténuation

Un certain nombre de mesures d'atténuation ont été proposées dans le rapport de référence (Dynatec, 2005). Les bases et les critères de conception de l'extension portuaire seront fondés sur les événements de risques naturels régionaux maximaux enregistrés afin de réduire les risques pour le public et les ressources environnementales à des niveaux acceptables reconnus.

Des mesures d'atténuation ont été proposées pour tous les scénarios de risques naturels possibles. Les mesures d'atténuation sont exposées dans les rapports pour les cinq risques naturels: sismique, hydrologique, géotechnique, les risques liés au vent et les risques de tsunامي. Les mesures d'atténuation sont les suivantes:

- Le pipeline est conçu en fonction de la possibilité d'une interruption d'une durée de plusieurs jours.
- Les unités de l'usine seront conçues de manière à s'arrêter en mode sécurisé, au besoin.
- L'H₂S évacué par ventilation hors des équipements serait transformé en SO₂ par combustion.

- Les structures de l'usine seront conçues de manière à résister au séisme maximum historique et probable (voir F).
- La conception des conduites tiendra compte des charges occasionnées par un séisme. Les raccords aux équipements stationnaires, tels les réservoirs et les pompes, seront localisés dans des zones endiguées. Après un séisme, les équipements et les canalisations seront inspectés et toute fuite, le cas échéant, sera isolée.
- La conception des réservoirs et des réacteurs tiendra compte des charges occasionnées par un séisme. Les réservoirs seront confinés dans des zones endiguées d'une capacité de 110 % du plus gros de ceux-ci dans le secteur.
- Un plan d'alerte météorologique et d'intervention d'urgence sera mis en place pour permettre l'arrêt des opérations de l'usine à l'avance en cas de violentes tempêtes cycloniques. Le programme d'intervention d'urgence sera coordonné de concert avec les communautés locales pour éviter les impacts néfastes du projet sur le public.. Le programme assurera également que la capacité des communautés à se rétablir après de tels événements est renforcée grâce aux ressources à disposition du projet.
- Les bassins de rétention des piles de stockage seront conçus de manière à retenir les eaux pluviales prévues en cas d'une pluie d'une période de récurrence de 10 ans. Les matériaux stockés présentent une innocuité relativement faible en cas de leur déversement dans l'environnement avoisinant par écoulements des eaux pluviales.
- Les fossés de drainage seront conçus en prévision d'un cyclone, en utilisant du béton et de l'enrochement dans le fond et sur les côtés.
- L'élévation de l'usine, à six mètres, est au-dessus du niveau pouvant subir des effets prévus d'un tsunami qui prendrait naissance à l'Est de l'Océan indien.
- La station de pompage sera conçue de manière à résister à des charges d'eau élevées.
- Les structures de l'usine seront conçues pour résister aux sollicitations dues au vent enregistrés lors des cyclones historiques les plus violents.
- Les sollicitations dues au vent seront prises en compte lors de la conception des réservoirs et des réacteurs.
- La construction d'installations non résistantes aux vents maximums sera réduite au minimum, une bonne tenue des lieux sera assurée et les matériaux seront bien arrimés avant le début des tempêtes cycloniques. Un abri sécurisé sera mis à la disposition du personnel en cas de tempête cyclonique.

- Les fondations seront conçues pour répondre aux exigences géotechniques et pour résister au plus grand séisme de la région.
- Les fondations et les fossés de drainage du site seront conçus pour répondre aux exigences géotechniques et à la crue maximale anticipée.

3.5.5.4 Résultats

Les résultats de l'évaluation des risques sont récapitulés à partir du rapport de référence (Dynatec, 2005). Les risques liés à un tsunami ont globalement le niveau de risque le plus faible, puisque les conséquences devraient se faire sentir essentiellement au port mais non à l'usine elle-même, en raison de l'emplacement et de l'élévation de celle-ci.

Les risques liés à un événement sismique ont également un niveau de risque extrêmement faible. Ceci est essentiellement attribuable au fait que Madagascar est située dans une zone de faible activité sismique, et l'application de paramètres de conception prudents permet de pallier aux préoccupations liées aux risques de nature sismique. Des ruptures potentielles et les conséquences pouvant en découler suite à un enjeu géotechnique sont également classées dans la catégorie de risque extrêmement faible. Des investigations géotechniques approfondies seront entreprises afin de caractériser précisément les conditions du sol prévalant dans la région pour une conception adéquate.

Les risques hydrogéologiques sont classés comme étant extrêmement faibles ou faibles. Les deux scénarios à faible risque impliquent le débordement suite à une inondation des zones de rétention endiguées et des dommages aux voies routières et ferroviaires en raison d'une onde de tempête associée à un cyclone. Un plan d'alerte météorologique et d'intervention d'urgence sera mis en place pour permettre l'arrêt des activités de l'usine avant le début d'une violente tempête cyclonique.

Le niveau de risque global le plus élevé (« moyen ») a été attribuée aux vents extrêmement violents pouvant endommager des structures temporaires (durant la phase de construction), et en soulevant des débris dans les airs. Les autres risques liés aux vents violents sont classés soit extrêmement faibles ou faibles. Afin de gérer ces risques, la construction des installations non conçues pour résister aux vents violents seront réduites au minimum, feront l'objet d'un bon entretien, et les matériaux seront mis à l'abri avant le début d'une tempête cyclonique. Le personnel sera également mis à l'abri dans un endroit sécurisé en cas d'un tel événement.

3.5.5.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Grâce à la mise en œuvre des mesures d'atténuation, tous les risques résiduels identifiés au cours de toutes les phases du projet, sauf un, sont classés dans les catégories extrêmement faible ou faible. Un seul risque est classé comme moyen ; il est associé aux vents violents et sera géré grâce à des actions visant à prévenir les dégâts et à protéger la population. Les risques estimés sont en deçà des niveaux de risque acceptables selon les normes internationales, réduisant ainsi au minimum les risques en aval pour le public et les ressources du milieu naturel.

Niveau de confiance des prévisions

L'estimation des risques présentée dans les rapports d'évaluation des risques naturels (Dynatec, 2005) tient compte de la variation des données et du niveau de confiance des prévisions. Toutefois, le classement des risques dépend 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 ces évaluations est considéré moyen.

Surveillance

Les programmes de surveillance seront établis durant la phase de conception détaillée.

3.5.5.6 Conclusions

Grâce à la mise en œuvre des mesures d'atténuation, les risques accrus associés aux catastrophes naturelles que présente l'usine de traitement pour le public et l'environnement sont considérés en-deçà des niveaux de risque acceptables selon les normes internationales.

3.6 HYDROGEOLOGIE

Les données de référence hydrogéologiques sont disponibles pour le site de l'usine de traitement (rapport de Knight Piésold, Etude stratigraphique du site de l'usine de traitement 2005, Rapport d'évaluation du site Ref N° NB301-00116/5-1). Les données présentées dans ce rapport sont:

- coordonnées et élévation des forages;
- géologie; et
- niveaux piézométriques.

L'évaluation des impacts a été réalisée pour les promoteurs du projet par Knight Piésold.

3.6.1 Géologie

Les couches superficielles du sol dans le secteur comprennent généralement des dépôts de sable alluvial et de sable de dune dont la taille des grains varie de fin à moyen. Les sols en profondeur comprennent des dépôts côtiers de sable à grain fin à moyen et de silt (limon) lagunaire intercalés. Les essais in situ indiquent que la densité des sols est variable, allant de meuble à très dense. Les essais d'identification géotechnique montrent que les sables à grain fin à moyen et les silts sont non plastiques. La surface de la roche mère se compose généralement de gneiss résiduel présentant des boules altérées incluses dans une matrice de gneiss résiduel. La profondeur jusqu'à la surface de la roche mère varie de 30 à 100 m de l'extrémité ouest à l'extrémité est du site de l'usine de traitement.

3.6.2 Hydrogéologie

Un total de onze piézomètres a été installé dans les forages géotechniques sélectionnés aux fins de surveillance à long terme. Les résultats de la surveillance à ce jour montrent des niveaux piézométriques variant de 0,53 à 2,90 m au-dessous du niveau du sol ou généralement à une élévation située entre 3,5 et 4,5 m au-dessus du niveau de la mer (ASL). Compte tenu du type de sol relativement sableux avec peu de ou aucune fraction fine, la perméabilité devrait être relativement élevée et la vitesse de migration de l'eau à travers le sol devrait être élevée. Ceci rend la nappe aquifère sous-jacente vulnérable aux impacts causés par les infrastructures de l'usine de traitement et aux procédures opérationnelles associées.

3.6.3 Impacts sur les eaux souterraines

Les impacts sont associés aux trois principales phases du projet: phase de construction, phase d'exploitation et phase post-fermeture.

Phase de construction:

Au cours de cette phase, les infrastructures de surface seront érigées. Les travaux comprennent:

- **Installation des fondations pour assurer la stabilité des bâtiments:** Au cours de l'installation des fondations, l'écoulement de l'eau souterraine aux environs immédiats (dans un rayon de 500 m) sera perturbé à cause de l'assèchement et du drainage des excavations. A la fin de l'installation des fondations, les niveaux piézométriques et l'écoulement devraient se rétablir dans un laps de temps (moins d'un an). Ce laps de temps court est attribuable au niveau de perméabilité élevée des lithologies et à la recharge importante.
- **Construction des bâtiments et autres infrastructures de surface:** Aucun impact majeur sur les conditions d'écoulement de l'eau souterraine n'est prévu pendant la construction des infrastructures de surface.
- **Construction des bassins:** Un assèchement localisé de la nappe aquifère sera nécessaire si le matériel du fond du bassin doit être re-travaillé à des niveaux situés au-dessous du niveau de la nappe phréatique pendant la construction des bassins de rétention d'eau. Les bassins seront munis d'un revêtement et les niveaux piézométriques autour des bassins devraient retourner à leur niveau initial à la fin des travaux de construction.
- **Construction des fossés de drainage:** Les fossés de drainage seront construits au nord et au sud du site de l'usine de traitement pour assurer un drainage effectif jusqu'au Canal des Pangalanes à l'est. La construction de ces fossés provoquera une légère baisse du niveau piézométrique à l'intérieur et aux alentours du site de l'usine (à moins de 500 m du périmètre).

3.6.3.1 Phase d'exploitation:

Au cours de la phase d'exploitation de 27 ans, l'eau et les résidus passeront par l'usine de traitement et les infrastructures connexes. Même si le risque de contamination locale demeure présent pendant l'exploitation de toute usine de traitement, aucune des procédures opérationnelles prévues ne devrait poser un risque élevé pour la qualité de l'eau souterraine dans les bassins versants aussi

longtemps que des procédures d'exploitation et de gestion adéquates sont appliquées. Les bassins de rétention d'eau seront munis d'un revêtement et une revanche suffisante sera conservée pour tenir compte des événements d'inondation. Par conséquent, aucun impact sur la qualité ou la quantité de l'eau souterraine attribuable aux bassins de rétention n'est prévu pendant la phase d'exploitation.

3.6.3.2 Phase post-fermeture:

A la fermeture du projet, l'usine de traitement fera l'objet d'une évaluation pour déterminer son utilisation future potentielle pour d'autres projets industriels. Il est prévu que l'usine sera partiellement démantelée et que les résidus de démolition seront éliminés. Ceci éliminera la possibilité d'impacts à long terme sur les eaux souterraines.

3.7 HYDROLOGIE

3.7.1 Introduction

Les perturbations du sol associées à la construction et à l'exploitation de l'usine de traitement, comme le débroussaillage, le compactage des sols et d'autres changements du milieu naturel, pourraient être à l'origine de l'augmentation des débits de ruissellement et des apports solides en provenance de ce secteur. Toutefois, l'usine de traitement ne devrait pas avoir d'incidence importante sur les conditions hydrologiques du secteur d'étude, étant donné que le ruissellement de surface est dirigé vers des plans d'eau récepteurs naturels et que les meilleures pratiques de gestion seront mises en œuvre pendant les périodes de construction et d'exploitation.

L'étude d'impact se limite donc à une discussion sur les mesures d'atténuation (par ex. l'adoption des meilleures pratiques de gestion) et à une évaluation du prélèvement d'eau de la rivière Ivondro.

3.7.2 Secteur d'étude

L'usine de traitement est située au sud-ouest de Toamasina, le long de la route principale qui relie Toamasina à Brickaville, et à environ 3 km de la côte. Le secteur local d'étude sur l'hydrologie comprend le site de l'usine et les installations connexes, comme l'illustre la figure 7.2-3 du volume A.

3.7.3 Résumé de l'étude de référence

L'étude de référence sur le climat et l'hydrologie qui se rapporte à l'usine de traitement est résumée à la section 3.8.3 du volume E (Hydrologie du parc à résidus).

3.7.4 Portée des enjeux

Comme en font état les sections 3.8.4 des volumes B et E, les enjeux soulevés en matière d'hydrologie sont les suivants:

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

Les indicateurs clés de changements attribuables au Projet Ambatovy (le projet) sont les débits, les niveaux d'eau, les concentrations en matières solides et la morphologie des chenaux. Ces changements pourraient également avoir une incidence sur la qualité de l'eau, la santé des poissons, la végétation (marais) et les composantes socio-économiques du projet.

3.7.5 Evaluation des impacts

L'aménagement du secteur de l'usine de traitement impliquera la construction et l'exploitation des installations de l'usine, des bases vie et des habitations, d'une prise d'eau dans de la rivière Ivondro, des conduites d'adduction d'eau et des corridors de transport, notamment un couloir d'accès et un nouvel embranchement ferroviaire. Ces composantes du projet devraient entraîner l'augmentation des débits de ruissellement et des apports solides en provenance des secteurs perturbés; cependant, aucun impact significatif n'est prévu sur l'hydrologie du secteur d'étude, pourvu que les mesures d'atténuation appropriées soient prises. Tout d'abord, il faudra diriger le ruissellement en provenance de la zone de production à l'intérieur de l'enceinte de l'usine vers les bassins de traitement. Les eaux des autres zones de l'usine, qui peuvent causer une sédimentation élevée, seront également dirigées vers ces bassins avant d'être rejetées dans les bassins versants naturels. Les autres zones seront munies d'une couche de surface dure afin d'empêcher l'érosion et la sédimentation, et les eaux de ruissellement en provenance de ces secteurs seront rejetées dans les zones environnantes. Les meilleures pratiques de gestion seront appliquées dans le cadre des mesures d'atténuation afin de contrôler la génération de matières solides en suspension et leur transport vers les plans d'eau récepteurs.

Les besoins en eau de l'usine de traitement seront comblés par la rivière Ivondro, ainsi que par l'eau récupérée de la pulpe de minerai et des résidus. Les besoins en eau en provenance de la rivière Ivondro sont d'environ 1 000 m³/h (0,28 m³/s) sur une base annuelle. Comme l'indique le tableau 3.7-1, ces volumes d'eau représentent 0,3 % du débit annuel moyen de la rivière Ivondro et 0,8 % du débit journalier minimal en saison sèche.

Tableau 3.7-1 Changements du débit de la rivière Ivondro attribuables au prélèvement pour l'usine de traitement

Débit	Débit de la rivière Ivondro (m ³ /s)	Prélèvement d'eau aux fins d'approvisionnement de l'usine (m ³ /s)	Pourcentage prélevé du débit de la rivière aux fins d'approvisionnement de l'usine
Mois le plus sec (octobre)	67,3	0,28	0,4 %
Annuel moyen	110	0,28	0,3 %
Débit journalier minimal sur 2 ans	44	0,28	0,6 %
Débit journalier minimal sur 5 ans	36,4	0,28	0,8 %
Débit journalier minimal sur 10 ans	33,1	0,28	0,8 %

Après la fermeture, l'usine n'aura plus besoin d'eau et, par conséquent, le pompage de la rivière Ivondro ne sera plus nécessaire.

La construction et l'exploitation d'un pipeline de 6,2 km qui relie la rivière Ivondro à l'usine pourraient entraîner des augmentations locales du ruissellement et des apports solides en raison de la perturbation du sol, toutefois, ces changements ne devraient pas être mesurables pour les plans d'eau récepteurs.

3.7.6 Analyse des impacts

Le prélèvement d'eau depuis la rivière Ivondro aux fins d'utilisation dans l'usine de traitement entraînera une réduction de moins de 1 % du débit de la rivière. Ce changement ne devrait pas être mesurable par rapport aux conditions de référence. Il est donc considéré comme négligeable en terme d'intensité d'impact. Comme le montre le tableau 3.7-2, les conséquences sur l'environnement du prélèvement d'eau sont aussi jugées négligeables. Le niveau de confiance des prévisions est élevé en raison des longs enregistrements de débits de la rivière Ivondro qui ont servi à caractériser les débits de référence.

Tableau 3.7-2 Classification des impacts résiduels sur l'hydrologie

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu: Changements dans les débits des courts d'eau et les niveaux d'eau (rivière Ivondro)							
Construction/ exploitation	Négative	Négligeable	Locale	Moyen terme	Oui	Élevée (conditions moyennes)	Négligeable
Après-fermeture	Négative	Négligeable	Locale	Long terme	Non	Élevée (conditions moyennes)	Négligeable

La consommation d'eau liée au projet en provenance de la rivière Ivondro sera couramment surveillée. Le débit et la qualité des rejets des bassins d'eau pluviale à l'intérieur de l'usine de traitement seront également surveillés. Les mesures de lutte contre l'érosion et autres meilleures pratiques de gestion seront suivies de près pendant la construction et l'exploitation, afin d'assurer leur efficacité et de localiser les endroits sensibles où des mesures additionnelles de lutte contre l'érosion sont nécessaires.

3.7.7 Conclusions

L'usine de traitement devrait avoir un impact négligeable sur l'hydrologie locale, pourvu que des mesures de lutte contre l'érosion et une gestion efficace des eaux pluviales soient appliquées.

3.8 QUALITE DE L'EAU

3.8.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets de l'usine de traitement 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 de l'usine de traitement impliquera divers degrés de perturbation des sols, tels que le débroussaillage, l'excavation et le compactage. L'aménagement de l'usine comprendra également la construction de routes, de bâtiments et d'aires de stationnement. Ces perturbations entraîneront l'augmentation des débits de ruissellement dans le secteur. L'augmentation du ruissellement pourrait entraîner des phénomènes d'érosion et le transport de matières solides dans les cours d'eau et plans d'eau en aval. De plus, la construction de la prise d'eau dans la rivière Ivondro durant l'exploitation pourrait perturber les sédiments de fond de la rivière ou contribuer à l'apport en matières solides des secteurs perturbés près de l'emplacement de la prise d'eau. Les changements potentiels aux concentrations en matières solides en suspension résultant des activités du projet liées à l'usine de traitement sont abordés à la section Hydrologie (volume D, section 3.7).

La réduction du débit associée au prélèvement d'eau pourrait affecter la qualité de l'eau en réduisant la capacité d'auto-épuration de la rivière Ivondro. De plus, l'usine de traitement générera des émissions atmosphériques qui pourraient augmenter le dépôt de substances acidifiantes dans les plans d'eau. Ces charges peuvent affecter la qualité de l'eau dans les plans d'eau à proximité de l'usine de traitement.

Les données sur la qualité de l'eau ont été établies de manière à caractériser les conditions de référence dans le secteur de l'usine de traitement (volume I, annexe 9.1). Les données de référence qui étaient disponibles ont été utilisées pour évaluer les effets potentiels de l'usine de traitement sur la qualité de l'eau, tel que décrit dans les sections qui suivent.

3.8.2 Secteur d'étude

L'usine de traitement est située au sud-ouest de Toamasina, le long de la route principale entre Toamasina et Brickaville, et à environ 3 km de la côte. Le secteur local d'étude pour la qualité de l'eau est le même que le secteur local

d'étude pour l'hydrologie; il comprend le site de l'usine et des installations connexes tel que décrit au volume A, section 7.

3.8.3 Résumé de l'étude de référence

3.8.3.1 Qualité de l'eau

D'après l'échantillonnage de la qualité de l'eau effectué en 2004, les cours d'eau et plans d'eau dans le secteur de l'usine de traitement étaient acides à presque neutres. Les niveaux de pH mesurés variaient en général entre 6 et 7. Les taux d'oxygène dissous étaient généralement égaux ou inférieurs au point de saturation. Les températures de l'eau en saison sèche et en saison des pluies variaient entre 25,6 et 32,2°C.

Les eaux dans presque toutes les stations étaient caractérisées comme étant très douces (c.-à-d. moins de 30 mg/L en CaCO_3), mais variaient de très douces à moyennement douces (c.-à-d. de 61 à 120 mg/L en CaCO_3). En fonction des faibles taux d'alcalinité observés, plusieurs plans d'eau situés autour du secteur de l'usine se sont avérés être potentiellement sensibles à l'acidification. Les niveaux de nutriments étaient généralement faibles pour les composés azotés, y compris en nitrate, nitrite, azote total Kjeldahl (NTK) et azote ammoniacal, et généralement inférieurs aux limites de détection pour le phosphate total.

Les concentrations observées pour plusieurs métaux étaient inférieures aux limites de détection. L'aluminium, le bore, le fer et le manganèse étaient les seuls métaux présentant des concentrations supérieures aux limites de détection durant la saison des pluies. En saison sèche, les concentrations observées pour l'aluminium, l'arsenic, le baryum, le fer, le manganèse, le silicium, le strontium, le titane, le vanadium et le zinc étaient généralement supérieures aux limites de détection pour les stations situées dans le secteur de l'usine.

En général, il n'y a pas de patrons saisonniers nets pour la majorité des paramètres de la qualité de l'eau mesurés dans le secteur de l'usine de traitement, à l'exception des quelques paramètres et emplacements. Ainsi, les résultats pour la dureté totale, le magnésium, le potassium, l'aluminium, le bore et l'étain semblent être plus élevés en saison des pluies qu'en saison sèche. Les concentrations plus élevées mesurées pour plusieurs ions principaux et paramètres de la qualité de l'eau connexes (c.-à-d. alcalinité, dureté et solides totaux dissous) dans le canal des Pangalanes sont vraisemblablement liées à l'existence du lien hydraulique entre le canal et l'océan.

D'après le système de classification des eaux de surface de Madagascar (tableau 3.8-1), la plupart des cours d'eau et plans d'eau dans le secteur de l'usine de traitement sont de classe B ou C, ce qui indique que la plupart des cours d'eau et plans d'eau ne conviennent pas aux activités de baignade. Dans la plupart des cas, l'attribution de la classe B et de la classe C est liée aux valeurs observées pour le pH, l'oxygène dissous, la température et la demande chimique en oxygène. En saison des pluies, deux stations ont été classifiées comme étant excessivement contaminées (hors classes) à cause des faibles teneurs en oxygène dissous et des fortes concentrations en matières en suspension. En saison sèche, deux stations ont également été classifiées comme étant excessivement contaminées (hors classes), essentiellement à cause des faibles concentrations en oxygène dissous. Les concentrations mesurées en arsenic, plomb et manganèse étaient en excès des directives de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour la qualité de l'eau de boisson.

Tableau 3.8-1 Système de classification de Madagascar pour la qualité des eaux de surface

Facteurs	Classe A	Classe B	Classe C	Hors classes
Définition des classes	Bonne qualité: usages multiples possibles	Qualité moyenne: loisirs possibles, baignade pouvant être interdite	Qualité médiocre, baignade interdite	Contamination excessive: aucun usage possible à part la navigation
Facteurs biologiques				
oxygène dissous (mg/L)	OD \geq 5	3 < OD < 5	2 < OD \leq 3	OD < 2
demande biochimique en oxygène sur 5 jours (DBO ₅)	DBO ₅ \leq 5	5 < DBO ₅ \leq 20	20 < DBO ₅ \leq 70	DBO ₅ > 70
demande chimique en oxygène (DCO)	DCO \leq 20	20 < DCO \leq 50	50 < DCO \leq 100	DCO > 100
présence de bactéries pathogènes	Non	non	non	oui
Facteurs physiques et chimiques				
couleur (échelle Pt-Co)	couleur < 20	20 \leq couleur \leq 30	couleur < 30	n.a.
température de l'eau (°C)	température < 25	25 \leq température < 30	30 \leq température < 35	température > 35
pH	6,0 \leq pH \leq 8,5	5,5 < pH < 6,0 ou 8,5 < pH 9,5	pH \leq 5,5 ou pH \geq 9,5	n.a.
matières en suspension (MES) (mg/L)	MES < 30	30 \leq MES < 60	60 \leq MES < 100	MES > 100
conductivité (µS/cm)	conductivité \leq 250	250 < conductivité \leq 500	500 < conductivité \leq 3000	conductivité > 3000

Echelle Pt-Co = unité sur l'échelle platino-cobalt (ou échelle Hazen).

n.a. = ne s'applique pas

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. Les lignes directrices sud-africaines pour les 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 de l'ensemble de lignes directrices pour l'évaluation de la qualité de l'eau reconnue à l'échelle régionale établies par la juridiction étrangère la plus rapprochée du secteur local d'étude.

D'après les résultats de l'évaluation préliminaire, les niveaux pour le pH, l'oxygène dissous, l'azote ammoniacal et neuf métaux (aluminium, arsenic, chrome, cuivre, fer, plomb, mercure, nickel et zinc) étaient parfois en excès des lignes directrices pour la vie aquatique de l'USEPA ou du CCME. Cependant, étant donné que les lignes directrices canadiennes et américaines ne tiennent pas compte des conditions écologiques locales qu'on retrouve à Madagascar, les dépassements des lignes directrices devraient être traités avec prudence. D'ailleurs, il n'est pas rare que les recommandations des lignes directrices ne soient pas respectées dans les juridictions mêmes où elles ont été établies, à cause de considérations climatiques, géologiques ou hydrogéochimiques propres à un site.

3.8.3.2 Qualité des sédiments

Les sédiments de fond dans le secteur de l'usine de traitement varient en qualité d'une texture fine dominante à une texture grossière dominante. Les différences dans les caractéristiques physiques des sédiments se traduisent en différences par rapport à des paramètres de qualité clés, y compris l'azote, le carbone organique et le phosphore. Cependant, à cause de l'insuffisance de l'échantillonnage des sédiments effectué jusqu'à maintenant, il n'est pas possible de dégager des tendances nettes concernant les variations spatiales de leurs caractéristiques à l'intérieur du secteur de l'usine de traitement.

Madagascar n'a pas de lignes directrices sur la qualité des sédiments. En l'absence de telles lignes directrices, les résultats d'analyses des échantillons de sédiments du site ont été comparés aux lignes directrices du Canada (CCME 2003) et des Etats-Unis (U.S. National Oceanographic and Atmospheric

Association [NOAA] 1999). A l'exception de l'arsenic et du nickel, les concentrations des paramètres de qualité dans les sédiments de fond étaient inférieures aux valeurs seuils recommandées dans les lignes directrices internationales correspondantes. Les concentrations en arsenic et en nickel dans les sédiments de fond étaient en excès des lignes directrices du CCME et de la NOAA, respectivement. Etant donné que les lignes directrices provenant d'autres juridictions ne tiennent pas compte des conditions écologiques locales, les dépassements de ces lignes directrices devraient être traités avec prudence.

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

3.8.4 Portée des enjeux

Dans l'ensemble, les préoccupations des parties prenantes et des autorités réglementaires, au sujet de la qualité de l'eau, sont centrées sur les utilisations de l'eau et les procédés écologiques. Les utilisateurs ainsi que les espèces aquatiques se trouvant en aval sont susceptibles d'être affectés de façon négative par des changements de la qualité de l'eau découlant des activités de construction, d'exploitation et de fermeture du projet.

Les éléments suivants reliés au secteur de l'usine de traitement pourraient affecter la qualité de l'eau et des sédiments dans les cours d'eau et les plans d'eau du secteur local d'étude:

- défrichement et préparation du site (construction seulement)
- construction de la prise d'eau dans la rivière Ivondro (construction seulement)
- émissions atmosphériques provenant de l'usine de traitement (exploitation seulement)
- prélèvement d'eau dans la rivière Ivondro (exploitation seulement)
- détournement des cours d'eau et perturbation du drainage naturel
- rejets et déversements accidentels
- activités de fermeture et de réhabilitation du site (post-fermeture seulement)

Les liens entre les activités du projet et les effets sur la qualité de l'eau et des sédiments sont présentés à la figure 9-11, volume H, annexe 9. Les impacts potentiels sur la qualité de l'eau et des sédiments peuvent survenir durant toutes

les phases du projet, y compris la construction, l'exploitation et après la fermeture.

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

Question clé QESF-3

Quels seront les impacts du site de l'usine de traitement sur la qualité de l'eau et des sédiments ?

3.8.5 Evaluation des impacts

L'usine de traitement est située à environ 3 km de la côte et à 3 km du parc à résidus (volume E). La mise en oeuvre du secteur de l'usine de traitement comportera des activités telles que la construction et l'exploitation des installations de l'usine, de bases vie et de logements, d'une prise d'eau sur la rivière Ivondro, de conduites d'eau et de corridors de transport incluant un corridor d'accès et un nouvel embranchement ferroviaire. Les eaux pluviales des zones situées à l'intérieur de l'enceinte de l'usine mais hors des zones de production ne seront pas captées mais se rejeteront simplement dans le milieu naturel. En ce qui concerne les zones de production de l'usine, les eaux pluviales seront recueillies dans un bassin de rétention pour permettre de les traiter par décantation et d'effectuer des analyses avant le rejet. La totalité de l'eau de procédé traitée sera gérée avec les résidus et rejetée dans le parc à résidus. L'usine de traitement générera des émissions atmosphériques associées aux processus de combustion s'opérant au sein de l'usine.

Les liens d'impact suivants ont été considérés parce qu'ils pourraient modifier la qualité de l'eau et des sédiments dans les cours d'eau et plans d'eau:

- prélèvement d'eau dans la rivière Ivondro
- rejets et déversements accidentels durant toutes les phases du projet
- émissions atmosphériques associées aux processus de combustion s'opérant au sein de l'usine de traitement

Il est prévu que la construction, l'exploitation et le démantèlement de l'usine de traitement entraîneront probablement une augmentation du ruissellement et des apports en matières solides en provenance des secteurs perturbés; cependant, aucun impact notable sur la qualité de l'eau dans le secteur local d'étude n'est prévu grâce aux mesures d'atténuation proposées. Celles-ci comprendront l'acheminement du ruissellement vers un bassin de décantation avant le rejet dans les cours d'eau et plans d'eau récepteurs. Les systèmes de lutte contre

l'érosion et de contrôle du débit solide généré seront mis en place dans le cadre des mesures d'atténuation pour contrôler la génération de matières solides en suspension et le débit solide vers les eaux réceptrices.

L'eau sera pompée de la rivière Ivondro pour subvenir aux besoins de l'usine de traitement. La construction de la prise d'eau pourrait causer une augmentation des concentrations en matières solides et en substances associées aux sédiments. De plus, le prélèvement d'eau occasionnera une diminution des débits, entraînant ainsi une réduction de la dilution (capacité d'auto-épuration) de la rivière Ivondro.

Il est possible que les rejets ou déversements accidentels puissent affecter la qualité de l'eau et des sédiments et limiter les usages de l'eau en aval en fonction du type de matériau, des conditions météorologiques, de l'intensité, de la durée et de l'emplacement du déversement ou rejet.

Les émissions atmosphériques provenant de l'usine de traitement contiendront des dioxydes d'azote et de soufre. Ces émissions atmosphériques pourraient causer l'acidification (abaissement du pH) des étangs naturels situés à proximité des secteurs d'étude de l'usine de traitement et du parc à résidus.

3.8.5.1 Méthodes d'évaluation

Le taux de prélèvement d'eau maximal de la rivière Ivondro est d'environ 1000 m³/h (0,28 m³/s) sur une base annuelle. Ce volume d'eau représente 0,3% du débit annuel moyen de la rivière Ivondro et 0,8% du débit journalier minimal en conditions sèches. Ces changements prévus pour le débit auront des effets négligeables sur la capacité d'assimilation de la rivière Ivondro.

La construction de la prise d'eau comportera des mesures de lutte contre l'érosion afin de minimiser l'apport en matières solides entrant dans la rivière Ivondro. Les mesures de lutte contre l'érosion résulteront en des changements négligeables à la qualité de l'eau et des sédiments dans la rivière Ivondro. Cependant, durant la construction, les taux de matières en suspension (MES) seront suivis afin de confirmer que les effets sur la rivière sont négligeables.

Il est possible que les rejets ou déversements accidentels puissent affecter la qualité de l'eau et des sédiments et limiter les usages de l'eau en aval en fonction du type de matériau, des conditions météorologiques, de l'intensité, de la durée et de l'emplacement du déversement ou rejet. Bien qu'aucun scénario de rejet ou de déversement accidentel n'ait été évalué dans la section sur la qualité de l'eau, des mesures d'atténuation ont été identifiées afin de réduire et de

minimiser les effets reliés à ce types d'événements (voir section 3.9.5.3). Tous les déversements potentiels dans le secteur de l'usine de traitement seront confinés, captés et récupérés ou traités. Des procédures d'intervention d'urgence seront établies en vue du traitement sécuritaire de tout déversement accidentel.

Les émissions atmosphériques provenant de l'usine de traitement contiendront des dioxydes d'azote et de soufre. Ces émissions atmosphériques pourraient causer l'acidification (abaissement du pH) des étangs naturels situés à proximité des secteurs d'étude de l'usine de traitement et du parc à résidus. La totalité des émissions seront maintenues à des niveaux permettant d'assurer que la qualité de l'air respecte les critères pour l'air ambiant. De tels niveaux ne devraient pas affecter la qualité des plans d'eau environnants. Une revue qualitative du potentiel d'acidification de ces plans d'eau relié aux émissions provenant de l'usine de traitement a révélé que ces plans d'eau ne sont vraisemblablement pas sensibles à l'acidification. Les conditions prévalant dans les étangs situés dans le secteur de l'usine de traitement et du parc à résidus ont été comparées aux caractéristiques générales suivantes des plans d'eau sensibles à l'acidification (Peterson et Sullivan 1998).

- *Concentrations en solides totaux dissous* – Les eaux sensibles à l'acidification sont caractérisées par de faibles valeurs pour la conductivité (généralement moins de 10 à 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les mesures de conductivité dans les étangs à l'intérieur des secteurs de l'usine de traitement et du parc à résidus étaient supérieures à 25 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et variaient de 30 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 152 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
- *Topographie et hydrologie* – Les eaux sensibles sont généralement retrouvées à des altitudes moyennes à élevées, dans des secteurs à relief moyen à accidenté, où le niveau d'eau peut changer rapidement et où le contact est minimal entre l'eau de drainage et le sol ou les matériaux géologiques sont facilement solubles dans l'eau. En général, les étangs situés dans les secteurs du parc à résidus et de l'usine de traitement n'ont pas ces caractéristiques. Le secteur du parc à résidus est situé à faible altitude et est caractérisé par un relief de faible à moyen (volumes D et E, section 3.1). Selon les données recueillies lors des travaux de terrain de l'étude de référence, les étangs sont caractérisés par des sédiments meubles, avec une couche de débris organiques d'au moins 1 m d'épaisseur à certains endroits, ce qui ne correspond pas aux effets d'affouillement associés aux variations rapides du niveau d'eau.
- *Bassin versant* – Les lacs et les étangs qui sont sensibles à l'acidification sont généralement caractérisés par des bassins versants de faible

superficie. Les étangs situés dans le secteur pouvant être affecté ne semblent pas être associés aux cours supérieurs de petits bassins versants. De plus, les émissions acidifiantes prévues sont les plus faibles dans les secteurs du parc à résidus caractérisés par des petits bassins versants.

Il n'est pas prévu que l'acidification des étangs et des cours d'eau associée aux émissions d'azote se produira, à cause de la capacité de la végétation environnante d'adsorber l'azote. Le secteur prévu pouvant être affecté par les émissions d'azote a une superficie de moins de 1 km², et la quantité d'azote maximale prévue (7kg N/ha/an) sera fixée par les plantes car elle est inférieure à la limite maximale que les plantes peuvent absorber (10kg N/ha/an) (Dise et Wright 1995).

D'après l'évaluation qualitative ci-dessus, il n'est pas prévu qu'une acidification des plans d'eau situés à proximité du secteur de l'usine de traitement se produira.

3.8.5.2 Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation suivantes seront mises en œuvre dans le secteur de l'usine de traitement:

- application de procédures de lutte contre l'érosion et de contrôle du débit solide durant les activités de défrichage et la préparation du site, et captage et traitement des eaux de ruissellement en provenance des installations du projet et des secteurs perturbés avant le rejet dans les cours d'eau et plans d'eau récepteurs
- réduction à la source des émissions atmosphériques afin de réduire le potentiel d'acidification
- pratiques de gestion des déchets établies en vue d'une approche sécuritaire pour la manutention et le stockage de toutes les matières dangereuses
- élaboration et mise en œuvre d'un plan d'urgence et d'intervention en cas de déversement efficace établi dans le cadre du système de gestion environnementale d'ensemble

Les procédures de contrôle du ruissellement et du débit solide, telles que décrites à la section 3.7 (volume D), minimiseront l'apport en matières solides et en substances adsorbées aux particules dans les cours d'eau et plans d'eau récepteurs. De plus, les bassins de rétention, qui favorisent les processus de décantation à l'intérieur du bassin, sont d'utilisation courante pour réduire les

concentrations de matières solides dans les eaux de ruissellement. Les mesures d'atténuation utilisées pour réduire la charge solide sont décrites de façon plus détaillée dans la section Hydrologie (volume D, section 3.7).

3.8.5.3 Analyse des impacts

Niveau de confiance des prévisions

Les méthodes d'atténuation proposées pour la gestion des matières en suspension sont utilisées couramment et sont reconnues comme étant efficaces. Il existe un niveau de confiance de moyen à élevé pour le taux de succès de ces mesures d'atténuation.

Le niveau de confiance des prévisions des changements de la capacité d'auto-épuration de la rivière Ivondro est élevé; celui-ci repose sur le niveau de confiance élevé des prévisions des changements de débits occasionnés par le prélèvement d'eau et sur le niveau de confiance d'élevé à moyen du taux de succès des mesures d'atténuation.

Le niveau de confiance des prévisions du potentiel d'acidification des plans d'eau environnants associé aux émissions atmosphériques est moyen, puisque les données de l'étude de référence indiquent que les plans d'eau situés près de l'usine de traitement ne sont vraisemblablement pas sensibles à l'acidification et parce que les niveaux des émissions seront contrôlés afin de s'assurer que celles-ci respectent les critères pour l'air ambiant.

Surveillance

Le programme de suivi de la qualité de l'eau pour le secteur de l'usine de traitement sera conçu de manière à assurer une surveillance des taux de matières en suspension dans l'environnement récepteur durant les phases de construction et d'exploitation et afin de caractériser le potentiel d'acidification des étangs avoisinants.

Durant la construction, les niveaux de matières en suspension seront surveillés dans le secteur situé en aval des activités de construction de la prise d'eau dans la rivière Ivondro. Durant la phase d'exploitation, la qualité de l'eau sera surveillée afin d'assurer que les eaux rejetées satisfont aux critères de qualité avant le rejet dans les secteurs environnants aux bassins de rétention. Le suivi de la qualité de l'eau des plans d'eau situés près de l'usine de traitement sera effectué périodiquement afin d'assurer que l'usine de traitement n'a pas un impact négatif sur la qualité de l'eau.

3.8.5.4 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:

- Des changements négligeables à la qualité de l'eau et des sédiments se produiront dans la rivière Ivondro à cause de la faible proportion du débit de la rivière Ivondro qui sera détourné vers l'usine de traitement et grâce aux mesures de lutte contre l'érosion mises en œuvre à l'emplacement de la prise d'eau.
- Pour toutes les phases d'activités reliées à l'usine de traitement et grâce à des mesures de lutte contre l'érosion efficaces et à l'utilisation de bassins de rétention, la qualité des sédiments dans les cours d'eau et plans d'eau récepteurs demeurera similaire aux concentrations de référence mesurées.
- D'après l'évaluation qualitative réalisée, il est peu probable qu'une acidification des étangs associée aux émissions atmosphériques de l'usine de traitement se produise, puisque les plans d'eau qui pourraient recevoir les charges des émissions atmosphériques n'ont pas les caractéristiques des plans d'eau sensibles à l'acidification.

3.9 ASPECTS ESTHETIQUES

3.9.1 Introduction

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

3.9.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude des aspects esthétiques de l'usine de traitement est un périmètre de 5 km autour des limites du terrain de l'usine, tel qu'illustré dans le volume A, figure 7.2-3. Ce secteur d'étude a été établi de façon à inclure le territoire où l'usine de traitement est assez proche pour constituer un élément majeur du paysage local.

3.9.3 Résumé de l'étude de référence

L'usine de traitement sera située près d'Antanandava, au sud de Toamasina, dans un secteur caractérisé par une topographie côtière plate et relativement dégagée. Le secteur présente des dunes de sable à végétation clairsemée et quelques étangs ou marais saisonniers. Plusieurs parties ont déjà subi l'impact d'un défrichement antérieur. La végétation varie entre les herbes et les arbustes de taille modeste, et il y a un boisé du côté est. Les traces de développement présent dans les environs immédiats comprennent des huttes et des lignes électriques. Dans un rayon de 3 km du site, on trouve des infrastructures industrielles lourdes, dont la raffinerie de Galana.

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 3.9-1. Les perspectives de référence, depuis les points de vue clés PP1 à PP4, sont présentées dans le volume I, annexe 11.1, pièce jointe 1, photos 15 à 18.

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

Tableau 3.9-1 Points de vue clés: site de l'usine de traitement

Numéro du point de vue	Nom du point de vue	Coordonnées GPS (Zone MTU 39S)	Observateurs potentiels	Caractéristiques de la perspective de référence
PP1	Toamasina (extrémité sud) le long du tracé de la voie ferrée	E 328021 N 7987857	résidents locaux touristes et voyageurs	zone urbaine fortement influencée par l'être humain avec éléments résidentiels, industriels et agricoles
PP2	route d'Amboakarivo (du sud de l'usine)	E 0327374 N 7986213	résidents locaux	route de village dans un contexte naturel, bien entretenue et pittoresque
PP3	de l'ouest de l'usine	E 0326108 N 7987111	résidents locaux	végétation clairsemée
PP4	du nord de l'usine	E 0326466 N 7987495	résidents locaux	végétation clairsemée

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

3.9.4 Portée des enjeux

Lors des séances de consultation publique, la principale préoccupation soulevée par l'Association nationale pour la gestion des aires protégées (ANGAP) est l'effet potentiel des impacts visuels sur le tourisme. Les environs de l'usine de traitement ne sont pas considérés comme des zones touristiques importantes mais, étant donné leur proximité de Toamasina, il existe une certaine possibilité que des touristes puissent voir ce secteur. Les transformations potentielles qui seront visibles aux résidents locaux et aux touristes et autres visiteurs comprennent:

- le débroussaillage et les modifications de la morphologie du terrain suite au développement de l'usine et de tous les corridors linéaires connexes;
- la production de poussière visible le long de la route d'accès en période sèche, ainsi que les panaches de vapeur des cheminées de l'usine;
- l'éclairage du site de l'usine;
- la présence de bâtiments et de structures

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

Question clé AE-1 Quels seront les effets de l'usine de traitement sur les aspects esthétiques?

Des effets visuels auront lieu durant les phases de construction, d'exploitation et de fermeture de l'usine de traitement; ils seront semblables aux liens relatifs aux aspects esthétiques du site de la mine (volume H, annexe 9).

3.9.5 Evaluation des impacts

Pendant les phases de construction et d'exploitation, la végétation sera défrichée, des éléments du paysage seront modifiés, des structures seront construites et des panaches de vapeur seront périodiquement visibles depuis le site de l'usine de traitement. Après la fermeture, on prévoit que l'usine de traitement sera utilisée à d'autres fins industrielles et que les impacts visuels demeureront.

3.9.5.1 Méthodes d'évaluation

L'information topographique, des photographies et des observations sur le terrain ont servi à décrire les perspectives actuelles. Les données topographiques de référence et les modèles de la topographie du projet ont servi à tracer des cartes d'élévation numériques à partir desquelles des panoramas ont été générés.

Une vue en plan générale de l'usine de traitement à la phase d'aménagement complet a été produite afin de créer une impression visuelle d'ensemble du projet à l'intention des lecteurs. Cette vue n'est cependant pas représentative d'une perspective typique visible par les résidants locaux ou les touristes et elle n'a donc pas servi à l'évaluation des impacts visuels.

3.9.5.2 Critères d'évaluation

Les critères utilisés pour évaluer les aspects esthétiques sont présentés au tableau 3.9-2.

Tableau 3.9-2 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 une 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 perspective 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	basse: rarement visible moyenne: visible par intermittence haute: visible en permanence

3.9.5.3 Mesures d'atténuation

Des zones de végétation sont présentes à plusieurs endroits autour du périmètre du site de l'usine de traitement. A ces endroits, des zones tampon de végétation seront préservées. Un effort particulier sera mis en œuvre pour préserver la végétation le long du canal des Pangalanes, qui est utilisé par les touristes et autres utilisateurs de petites embarcations.

Les pipelines arrivant et partant de l'usine de traitement seront enfouis.

Les luminaires utilisés seront complètement masqués et orientés hors des zones habitées.

Les installations et le terrain du site de l'usine seront maintenus en bon état.

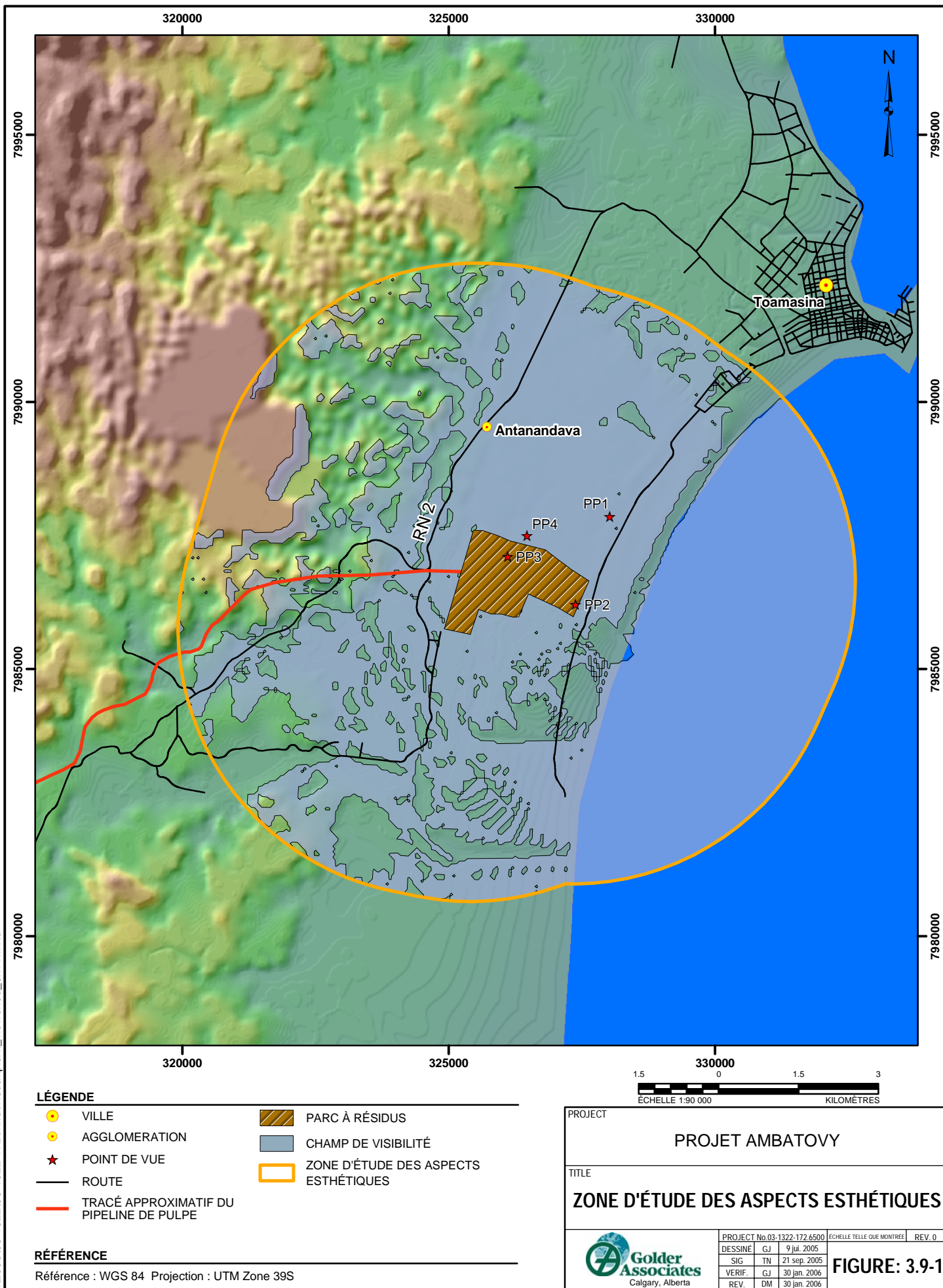
3.9.5.4 Résultats

Une évaluation du panorama englobant les bâtiments de l'usine de traitement est présentée à la Figure 3.9-1. Cette évaluation du panorama démontre que l'usine de traitement, particulièrement le sommet des installations les plus hautes telles que le bâtiment principal, les chaudières, les réservoirs et les cheminées seront visibles dans une grande partie du secteur local d'étude. Les hauteurs supposées des installations clés considérées dans cette analyse sont données au Tableau 3.9-3.

Tableau 3.9-3 Hauteur des structures (usine de traitement)

Structure	Hauteur au-dessus du sol (m)
dépoussiéreur à gaz / ventilation	30
chaudière de liqueur brute	40
torche du secteur sulfure	40
usine d'hydrogène	50
usine d'acide	60
chaudière au charbon	80

La visibilité de plusieurs des structures de l'usine sera relativement haute à cause de leur taille et du terrain plat entourant le site. Cependant, le panorama montré à la Figure 3.9-1 est une estimation prudente car il ne comprend pas les effets de la végétation ou de structures qui bloquent la vue à plusieurs endroits. D'après ce panorama prudent, 72% du secteur d'étude (incluant presque tout l'Océan Indien dans un rayon de 5 km) offre une vue sur un ou plusieurs installations du site. Le panorama est visible depuis Toamasina mais on prévoit que les perspectives depuis la ville seront négligeables à cause de la distance et de la prééminence d'autres développements urbains et industriels plus rapprochés.



Les groupes susceptibles de voir l'usine de traitement comprennent les résidents locaux, les habitants du sud de Taomasina et les passants empruntant la Route Nationale (RN) 2. Les perceptions des effets esthétiques se rapportant à l'usine de traitement pour les observateurs dans la zone de visibilité où ils se trouvent pourraient être affectées par:

- le paysage environnant, incluant la morphologie du paysage, la végétation et le degré de transformation dans son ensemble
- la forme, la texture, la couleur et le degré de contraste de la partie de l'usine de traitement observée, par rapport à celles du paysage environnant
- la distance entre l'observateur et l'usine de traitement
- 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

L'usine de traitement couvrira 2,9 km² et comprendra de nombreuses aires de stockage, des installations et bâtiments industriels, ainsi que des aires de traitement. Les principales installations de l'usine (une superficie de 1,0 km²) seront clôturées. De façon générale, en raison du paysage plat environnant l'usine de traitement, celle-ci aura un impact visuel évident sur presque tous les environs. Cependant, les perturbations existantes dans cette zone, incluant des activités industrielles et du développement urbain, réduiront l'intensité de l'impact aux yeux de la plupart des observateurs. Les perspectives depuis la RN 2 et d'autres points à l'extérieur du secteur local d'étude seront obstruées au moins partiellement par la végétation.

Une vue en plan d'un modèle préliminaire de l'usine de traitement est présentée à la figure 3.9-2.



PROJET				
PROJET AMBATOVY				
TITRE				
VUE EN PLAN DE L'USINE DE TRAITEMENT				
 Golder Associates Calgary, Alberta	PROJET No. 03-1322-172.6500		ECHELLE TELLE QUE MONTREE	REV. 0
	DESSINE	GJ 26 août. 2005	FIGURE: 3.9-2	
	SIG	TN 26 août. 2005		
	VERIF.	GJ 30 jan. 2006		
	REV.	DM 30 jan. 2006		

3.9.5.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Les effets résiduels pendant chaque phase du projet, après la mise en œuvre des mesures d'atténuation, sont résumés au tableau 3.9-4.

Tableau 3.9-4 Effets potentiels et impacts résiduels sur les aspects esthétiques

Phase du projet	Effets potentiels	Mesure d'atténuation	Impacts résiduels
construction et exploitation	défrichement du terrain et transformation de la morphologie	s/o	impact négligeable sur les points de vue clés
	structures visibles	les installations et le terrain seront maintenus en ordre et les zones tampon de végétation seront préservées quand c'est possible	impact moyen sur les points de vue clés
	éclairage	luminaires adéquatement dirigés et orientés loin des observateurs	impact négligeable sur les points de vue clés
	panaches de vapeur visibles	s/o	impact faible sur les points de vue clés et les environs
fermeture	les transformations à la morphologie du terrain persisteront après la fermeture	s/o	modification du paysage visible à long terme et d'intensité négligeable
	les structures visibles persisteront après la fermeture	s/o	présence d'installations à long terme et impact d'intensité moyenne

Note: s/o = sans objet.

La construction d'infrastructures d'accès linéaires, de bâtiments et d'installations de stockage à l'usine de traitement se déroulera pendant la phase de construction. Pendant la phase d'exploitation, des piles de stockage de soufre, de charbon et de calcaire seront présentes. Les structures seront laissées en place pour d'autres fins après la fermeture.

La portée géographique des impacts des structures est régionale car la topographie plate rendra diverses parties du projet visibles à l'extérieur du secteur local d'étude pendant la construction et l'exploitation et après la fermeture. Les panaches de vapeur, en particulier, pourraient être visibles sur de grandes distances.

Les impacts sur la morphologie du terrain et des aménagements sont irréversibles pour la durée du projet car le paysage ne sera pas remis dans son état originel. La fréquence d'observation est moyenne, étant donné la proximité d'une zone

urbaine fortement peuplée. De plus, il faut tenir compte de la végétation qui obstruera la vue depuis plusieurs points de vue. Globalement, la conséquence sur l'environnement en termes d'effets visuels est négligeable pendant toutes les phases du projet pour ce qui est de la topographie, mais est moyenne dans toutes les phases du projet pour ce qui est des structures.

L'illumination constituera un impact de faible intensité car des mesures d'atténuation et des luminaires complètement masqués assureront au site peu d'émission de lumière vers le ciel ou vers les habitations et villages voisins. Cet effet a une portée locale, de durée moyenne (pendant la construction et l'exploitation seulement) et il est réversible. La fréquence d'observation devrait être moyenne. Globalement, la conséquence de l'éclairage sur l'environnement pour les aspects esthétiques sera faible.

L'impact des panaches de vapeur sera de faible intensité pendant la phase d'exploitation. Ces panaches de vapeur dégagés par diverses cheminées sur le site, normalement de couleur blanche, seront probablement visibles à l'année longue sur le site à cause de la température et de l'humidité ambiante élevée. Ces effets sont de portée régionale, de durée moyenne et réversible. La fréquence d'observation devrait être moyenne. Globalement, la conséquence sur l'environnement des panaches de vapeur sera moyenne.

Une classification globale des impacts résiduels sur les aspects esthétiques de chaque enjeu clé et chaque phase du projet est présentée au tableau 3.9-5.

Tableau 3.9-5 Classification des impacts résiduels sur les aspects esthétiques

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversible	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu: Effet de la morphologie du terrain sur les aspects esthétiques							
construction / exploitation	négative	négligeable	locale	moyen terme	non	faible	négligeable
fermeture	négative	négligeable	locale	long terme	non	faible	négligeable
Enjeu: Effet des structures sur les aspects esthétiques							
construction / exploitation / fermeture	négative	moyenne	régionale	moyen terme	oui	moyenne	moyenne
Enjeu: Effet de l'éclairage sur les aspects esthétiques							
construction / exploitation	négative	faible	locale	moyen terme	oui	faible	faible
Enjeu: Effet des panaches de vapeur et des poussières visibles sur les aspects esthétiques							
exploitation	négative	faible	régionale	moyen terme	oui	faible	moyenne

Niveau de confiance des prévisions

L'état de référence de la topographie du secteur local d'étude est bien connu et l'information détaillée au sujet du paysage futur et des travaux de construction à l'usine de traitement est disponible dans les descriptifs du projet. Une grande diversité d'observateurs devrait voir le site et la réaction des individus à la vision des lieux n'est pas connue. Globalement, le niveau de confiance en cette évaluation est élevé.

Surveillance

Aucun suivi spécifique n'est proposé quant aux aspects esthétiques.

3.9.6 Conclusions

L'usine de traitement aura des conséquences moyennes sur l'environnement en termes d'aspects esthétiques, en raison des structures utilisées pour le procédé. Ces effets se produiront à toutes les phases du projet. Une conséquence sur l'environnement moyenne imputable aux panaches de vapeur visibles sur le site pendant la phase d'exploitation est aussi prévue.

L'éclairage devrait avoir une faible conséquence sur l'environnement pendant les phases de construction et d'exploitation. A toutes les phases du projet, il y aura des effets négligeables sur les aspects esthétiques, en raison de la modification de la topographie.

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 de l'usine de traitement (le site de l'usine). 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 compensatoires à adopter afin de réduire ou de compenser la perte de flore et de communautés naturelles
- évaluer les impacts résiduels sur la flore découlant des activités liées à la construction, l'exploitation et la fermeture
- fournir les détails concernant les activités de surveillance et de gestion de la flore faisant appel à la participation des parties prenantes

4.1.2 Secteur d'étude

Le sous-secteur local d'étude de l'usine comprend la propriété de l'usine, la conduite de la prise d'eau sur la rivière Ivondro, le pipeline de ravitaillement en carburant provenant de la jetée de Logistique Pétrolière proposée, le début du couloir d'accès au port au nord, le couloir de la conduite de l'exutoire en mer, en plus d'une zone tampon de 500m tout autour de l'ensemble de ces secteurs. Les limites du sous-secteur de l'usine sont présentées au volume J, annexe 1.1, figure 1-16.

4.1.3 Résumé de l'étude de référence

Ce qui suit est un résumé des résultats de l'étude de référence sur la flore du sous-secteur local d'étude de l'usine. Le résumé présente les résultats les plus importants pour permettre l'évaluation des impacts du projet. Une description détaillée de la méthodologie de référence, de l'analyse et des résultats se retrouve au volume J (annexe 1.1).

4.1.3.1 Aperçu de la végétation

La végétation de la région faisait jadis partie d'une vaste bande côtière de la forêt tropicale humide littorale des basses terres orientales de Madagascar. Aujourd'hui, la forêt primaire a disparu de cette région et dans la plupart des zones longeant la côte, elle a été remplacée par des lambeaux de forêts secondaires, des savanes arbustives et des prairies côtières fortement dégradés, conséquence de l'exploitation forestière, du défrichement pour l'agriculture et de l'invasion par des plantes adventices et des espèces exotiques.

Dans le sous-secteur de l'usine, les perturbations et des sols pauvres en nutriments, (sols sablonneux contenant peu de matière organique), ont mené au développement d'une végétation variée composée des principaux types de végétation suivants :

- savanes arbustives et prairies côtières
- bosquets résiduels
- cordon de dunes littoral
- plantations
- rizières
- savanes arbustives

Le type dominant de végétation au site de l'usine est le complexe de savanes arbustives et prairies côtières (640 ha ou 41 % du sous-secteur local d'étude). Il se compose en grande partie d'herbe grossière entrecoupée de savane arbustive ouverte. La déforestation est le principal facteur ayant mené au développement de cette classe de végétation.

Les bosquets résiduels sont le deuxième type de végétation le plus communément rencontré (166 ha ou 11 % du sous-secteur local d'étude). Cette communauté forestière consiste en un mélange de plantes natives et exotiques (y compris l'eucalyptus et le gommier). Les espèces d'arbres exotiques ont modifié la composition en espèces et la structure forestière mais il reste encore des espèces qui existaient là auparavant.

Le troisième type de végétation le plus communément rencontré est le complexe de dune littoral qui constitue une unité de végétation induite par la géomorphologie, caractérisée par une série d'anciens cordons de dune littoraux parallèles à la côte.

La végétation y varie donc selon sa position topographique. Sur les zones élevées, elle se distingue par une herbe grossière et des espèces herbacées, dont la couverture varie de clairsemée à dense. Dans les bas-fonds du modelé ondulant du terrain une végétation dense de zone humide est établie sur des sols organiques. Ce type de végétation couvre une superficie totale de 161 ha, ce qui représente 10 % du sous-secteur local d'étude.

4.1.3.2 Espèces vulnérables et menacées

Trois espèces inscrites comme en danger ou vulnérables sur les listes de l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) ont été identifiées au sein du sous-secteur local de l'usine. Ces espèces sont menacées de disparition ou d'extinction puisque leurs populations sont en déclin en raison de la déforestation.

4.1.3.3 Richesse en espèces de flore

Au total, 185 espèces ont été répertoriées au cours de l'inventaire. On a observé parmi les espèces dominantes dans le sous-secteur local d'étude de l'usine la présence de *Melaleuca quinquenervia*, *Eucalyptus robusta*, *Cyperus latifolius*, *Ficus baroni*, *Terminalia cattapa* et *Typhonodorum lindleyanum*. Plusieurs espèces présentes dans le sous-secteur local d'étude sont envahissantes et communément retrouvées dans la région, étant donné le caractère perturbé de la zone d'étude.

4.1.3.4 Endémisme

Aucune espèce localement endémique n'a été identifiée dans le sous-secteur local d'étude. Ceci est dû en grande partie au caractère perturbé de la zone et au fait que la région côtière comprend des habitats similaires. Des 185 espèces répertoriées, 109 ont été classées comme endémiques à Madagascar, et 73 comme régionalement endémiques. Trois espèces ont été classées comme exotiques.

4.1.4 Portée des enjeux

Les séances de consultation publique constituaient une des activités principales visant à l'identification des enjeux environnementaux du projet. Grâce à ces rencontres, l'occasion a été donnée de faire appel à la participation des communautés locales, des organismes de conservation et des agences gouvernementales à tous les niveaux, afin de déterminer les préoccupations environnementales et sociales associées au projet. Les questions suivantes relatives aux impacts du projet sur la flore reposent sur la consultation publique,

une revue des évaluations environnementales antérieures sur des projets liés à l'exploitation des ressources à Madagascar et ailleurs et sur les Termes de référence (volume A, section 6; volume H, annexe 1). Les principaux enjeux potentiels relatifs à la flore sont les suivants, pour le sous-secteur local d'étude :

- perte ou altération de communautés végétales
- réduction de la diversité des espèces
- effets des émissions atmosphériques sur la flore
- invasion de zones comprenant une végétation native par des espèces exotiques ou indésirables

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 activités du projet et les effets sur la flore est présentés au volume H, annexe H-9. La question clés pour la flore est la suivante :

Question clé FL-1 Quels effets l'usine de traitement aura-t-elle sur la perte ou l'altération des communautés végétales ?

Les activités liées au projet qui risquent d'occasionner des changements au niveau de la flore concernent la construction et l'exploitation de l'usine de traitement. Des pertes directes de communautés végétales résulteront des activités de construction et d'exploitation de l'usine.

Les effets potentiels des émissions atmosphériques sur les communautés végétales ont été examinés dans cette évaluation. La modélisation de la dispersion du SO₂ et du NO_x a été effectuée pour l'usine de traitement. Les résultats démontrent que les niveaux d'émissions annuelles sont inférieurs aux seuils recommandés par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) pour la végétation terrestre (OMS 2000). Aucune recommandation n'existe en ce qui concerne les effets de la poussière diffuse sur la flore; toutefois, les niveaux modélisés étaient très bas et ainsi, ce n'est pas un enjeu à considérer pour la flore. Les impacts des émissions atmosphériques sur la végétation n'ont pas fait l'objet d'études plus approfondies.

L'enjeu de la perte d'espèces (par disparition ou extinction) a aussi été examiné. Les résultats des inventaires de reconnaissance aériens et au sol démontrent que le sous-secteur de l'usine est fortement perturbé et ne contient aucun habitat unique dans la région côtière. Les espèces vulnérables ou menacées d'extinction ou de disparition qui sont présentes dans le sous-secteur local d'étude se retrouvent aussi ailleurs dans la région. Ainsi, ces occurrences représentent des

espèces préoccupantes à l'échelle régionale, mais elles ne constituent pas des espèces menacées de disparition ou d'extinction à cause du projet. De plus, aucune espèce endémique locale n'a été trouvée.

Les effets potentiels du projet sur la propagation ou l'introduction d'espèces de plantes indésirables ou exotiques ont aussi été pris en considération dans cette évaluation. Cependant, le secteur local d'étude est fortement perturbé et comprend déjà plusieurs espèces de plantes exotiques et indésirables, qui sont répandues dans toute la région. L'éradication de ces plantes du secteur local d'étude pendant la construction n'apparaît donc pas justifiée.

4.1.5 Question clé FL-1 : Quel effet l'usine de traitement aura-t-elle sur la perte ou l'altération des communautés de plantes ?

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

4.1.5.1 Méthodes d'évaluation

L'impact du projet, en ce qui a trait à la perte et à l'altération de la flore, est évalué en fonction du changement dans la superficie totale de chaque type de végétation; le changement en question découle du défrichement effectué pour l'usine de traitement.

L'étude d'impact couvre les périodes de construction et d'exploitation. 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 sur l'environnement globale 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

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
neutre : aucun changement ^(a) 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	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

Des mesures d'atténuation ont été planifiées 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 de l'usine. Le choix de l'emplacement de l'usine et la conception de voies d'accès permettant d'éviter au maximum les communautés végétales clés constituent les principaux modes d'atténuation des impacts.

4.1.5.4 Résultats

Pertes directes subies par les communautés végétales dans le secteur local d'étude de l'usine

Les pertes directes subies par les communautés végétales perturbées, à la suite de la construction et de l'exploitation de l'usine de traitement, seront de 322 ha (21 % du secteur local d'étude de l'usine) (tableau 4.1-2). De cette superficie, les savanes arbustives et les prairies côtières seront les plus touchées avec une perte de 220 ha (34 % de cette classe de végétation dans le secteur local d'étude). Ce type de végétation est fortement perturbé. La deuxième classe la plus touchée est celle des rizières, avec une perte de 44 ha (40 % de ce type d'occupation du sol). Les autres types de végétation perturbée qui subissent des pertes sont les bosquets littoraux résiduels (29 ha ou 17 %), les zones humides perturbées (13 ha ou 23 %), la savane arbustive perturbée (6 ha ou 6 %), la matrice de tavy (4 ha ou 7 %) et 1 ha de cordon de dune littoral (moins de 1 %).

Tableau 4.1-2 Changement dans la superficie occupée par les types de végétation en raison du défrichement dans le secteur local d'étude de l'usine

Type de végétation ou d'occupation du sol	Scénario de référence	Scénario d'impact	Changement	Changement
	ha	ha	ha	%
Végétation forestière				
Bosquets littoraux résiduels	166	137	-29	-17
Plantations	151	151	0	0
<i>Sous-total – végétation forestière</i>	317	288	-29	-9
Végétation non forestière				
Cordon de dune littoral	161	160	-1	<-1
Savanes arbustives et prairies côtières	640	422	-220	-34
Rizières	110	66	-44	-40
Savane arbustive	105	99	-6	-6
Matrice de tavy	59	55	-4	-7
Village	9	8	-1	-11
Zones humides	56	43	-13	-23
<i>Sous-total – végétation non forestière</i>	1140	851	-289	-25
Absence de végétation				
Couloir d'accès	11	7	-4	-36
Chenal	15	15	0	0
Carrière	3	3	0	0
Rivière	61	61	0	0
<i>Sous-total – absence de végétation</i>	90	86	-4	-4
total	1547	1225	-322	-21

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 les communautés végétales

La construction et l'exploitation de l'usine de traitement seront à l'origine de pertes de végétation. Les types d'habitats retrouvés dans le secteur local d'étude ne sont pas uniques aux régions côtières et la végétation qui y croît est fortement perturbée et dégradée par rapport à son état originel. Néanmoins, plusieurs de ces types de végétation présentent une certaine valeur pour le secteur local et la région, tant sur le plan de la diversité biologique que sur celui de l'habitat faunique.

Les pertes de bosquets littoraux résiduels représentent 29 ha ou 17 % de ce type de végétation, produisant un effet prévu d'intensité moyenne. La réduction de la superficie occupée par la savane arbustive correspond à 6 ha, ou 6 % de ce type de végétation, ce qui représente un effet de faible intensité. Il est prévu que les pertes directes subies par la savane arbustive et les prairies côtières (220 ha, soit 34 % de ce type de végétation) et la végétation des zones humides (13 ha, soit 23 % de ce type de végétation) causeront un impact d'intensité forte. Ces proportions élevées s'expliquent par la petite taille du secteur local d'étude, qui ne comprend qu'une petite zone tampon autour des installations. Considérant cela, et le fait que les habitats du secteur local d'étude sont déjà perturbés, on en a conclu que l'estimation de l'importance de l'impact devait être réduite à un niveau moyen, en exerçant un jugement professionnel (tableau 4.1-3). La section sur l'occupation du sol (volume D, section 5.3) traite des impacts résiduels sur les plantations et les rizières.

Il est prévu que les impacts directs du projet auront une extension géographique locale. Selon les prévisions, les impacts résultant de la construction et de l'exploitation se produiront à long terme et selon une fréquence moyenne. Les effets du projet seront réversibles pour tous les types de végétation, sauf pour la végétation des zones humides.

Une fois tous ces facteurs considérés, le niveau de conséquences sur l'environnement des impacts directs sur les types de végétation d'intérêt moyen sur le plan biologique ont été estimées faibles pour les phases de construction et d'exploitation de l'usine. Aucun programme de réhabilitation de la végétation n'est proposé, en dehors des opérations de mise en ordre et de mise hors service, puisqu'il est prévu que le site serve plus tard à d'autres fins industrielles (voir le volume D, section 6, pour plus d'information à ce sujet).

Les mesures d'atténuation visant à réduire les perturbations dans le secteur local d'étude ont été en partie réalisées au moment du choix de l'emplacement des installations (c'est-à-dire situer l'usine de traitement dans une zone déjà perturbée). De plus, les voies d'accès seront conçues de manière appropriée, en visant la réduction des impacts sur les espaces abritant une végétation sensible.

Tableau 4.1-3 Classification des impacts résiduels concernant 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 végétales							
Bosquets littoraux résiduels	négative	moyenne	locale	à long terme	réversible	moyenne	faible
Savanes arbustives et prairies côtières	négative	moyenne	locale	à long terme	réversible	moyenne	faible
Savanes arbustives	négative	faible	locale	à long terme	réversible	moyenne	faible
Zones humides	négative	moyenne	locale	à long terme	irréversible	moyenne	faible

Niveau de confiance des prévisions

La confiance dans les prévisions d'impact dépend de :

- l'adéquation des données de l'étude de référence permettant de comprendre les conditions actuelles
- la compréhension des impacts sur l'écosystème, des activités liées au projet

Les prévisions relatives aux impacts sur la flore sont fondées sur la répartition spatiale des types de végétation dans le secteur local d'étude de l'usine. 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. En conséquence de quoi, le niveau de confiance dans les prévisions des effets directs sur la végétation (par exemple, les pertes subies au sein des types de végétation) est considéré élevé.

Surveillance

Aucune mesure de surveillance n'est proposée pour le secteur local d'étude de l'usine.

4.1.5.6 Conclusions

La mesure d'atténuation la plus efficace pour réduire les pertes au sein des communautés de plantes natives consiste à éviter ces dernières par le choix initial d'un emplacement judicieux pour l'usine. Toute la flore qui sera perdue pour l'usine de traitement correspond à des types de végétation déjà hautement perturbée. Cette flore est principalement constituée de fragments de forêt secondaire, de savanes arbustives et de prairies, tous dégradés par suite de l'exploitation forestière, du défrichement à des fins agricoles et de l'envahissement par les plantes adventices et les espèces exotiques. Il y a des zones humides dans le secteur local d'étude, mais elles sont également perturbées. Étant donné le mauvais état relatif dans lequel se trouve la végétation, les conséquences sur l'environnement prévues pour les communautés végétales sont considérées comme étant de faible intensité durant les phases de construction et d'exploitation. La phase de fermeture consistera en la mise hors service de l'usine mais aucune réhabilitation n'aura lieu, question de permettre un usage industriel futur.

4.2 FAUNE

4.2.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets de l'usine de traitement et du parc à résidus sur la faune, comprenant les impacts potentiels sur les espèces rares, 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). Les effets de l'usine de traitement et du parc à résidus, de même que ceux du corridor de perturbation qui les relie, ont été évalués ensemble en raison de la proximité de ces deux composantes du projet. Les résultats de référence et les effets du projet sont résumés séparément pour chaque composante du projet, lorsque approprié.

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 de Toamasina est situé immédiatement au sud de Toamasina. Le secteur local d'étude englobe les limites de propriété du parc à résidus et du site de l'usine, la conduite de la prise d'eau, la conduite de l'exutoire marin et le pipeline de transport des résidus, plus une zone tampon de 500 m et les zones susceptibles d'être affectées par une réduction de

l'écoulement dans le bassin versant en aval du parc à résidus (Figure 7.2-3, volume A).

4.2.3 Résumé de l'étude de référence

4.2.3.1 Introduction

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

Classes de végétation

Des données obtenues par télédétection ont servi à tracer des cartes d'occupation du sol. Les détails des méthodologies utilisées pour déterminer les classes de couverture végétale dans chaque secteur d'étude sont donnés au volume J (annexe 1.1).

Inventaires fauniques

Amphibiens, reptiles et oiseaux

Des inventaires de référence sur l'herpétofaune et l'avifaune ont été réalisés dans le secteur local d'étude de Toamasina, y compris les sites du parc à résidus et de l'usine, en avril 2004 et de nouveau sur le site de l'usine en avril 2005. Les méthodologies utilisées correspondent à celles décrites dans la section portant sur le secteur local d'étude de la mine (volume J, section 2.1).

4.2.3.2 Résultats

Classes de végétation

Les types de végétation identifiés dans le secteur local d'étude de Toamasina comprennent les suivants:

- l'agroforesterie
- les bosquets littoraux
- les rizières
- les savanes arbustives, incluant littorales
- le tavy
- les zones humides

Résultats généraux des inventaires fauniques

Amphibiens et reptiles

Durant les inventaires de l'herpétofaune dans le secteur local d'étude de Toamasina, 9 espèces d'amphibiens et 14 espèces de reptiles ont été recensées. De ces espèces, une espèce d'amphibien, *Hoplobatrachus tigerinus* n'est pas endémique à Madagascar. Aucune espèce recensée durant l'inventaire ne figure sur la liste de l'Union mondiale pour la nature (UICN). Six espèces observées durant les inventaires dans le secteur local d'étude sont inscrites à l'annexe II de la liste de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (CITES), et comprennent une espèce d'amphibiens et cinq espèces de reptiles (volume J, annexe 2.2, tableau 4).

La plus grande richesse en espèces a été trouvée dans le secteur du parc à résidus du secteur local d'étude de Toamasina. Les secteurs du parc à résidus et du site de l'usine ont tous deux un historique de perturbations et très peu de l'habitat primaire ne demeure. Sept espèces d'amphibiens et onze espèces de reptiles ont été recensées dans le sous-secteur du parc à résidus. Quatre espèces d'amphibiens et six espèces reptiliennes ont été recensées dans le sous-secteur de l'usine. Une liste complète de ces espèces est fournie au volume J, annexe 2.1. Des 23 espèces observées dans le secteur local d'étude de Toamasina, ont été observées dans les deux sous-secteurs d'étude.

Les espèces ont été regroupées par sous-secteurs (usine, parc à résidus) et habitats où elles ont été observées (volume J, annexe 2.1). Les espèces uniques, c.-à-d. les espèces observées seulement dans un sous-secteur ou un habitat, ont aussi été identifiées. Comme la courbe cumulative des espèces calculée pour le secteur local d'étude demeure ascendante, des inventaires additionnels seraient requis pour déterminer la véritable richesse en espèces dans le secteur.

Avifaune

Cinquante-neuf espèces d'oiseaux ont été recensées dans le secteur local d'étude de Toamasina. Trente-sept d'entre elles sont des espèces endémiques à Madagascar et une, *Acridotheres tristis*, est exotique. Deux espèces d'oiseaux figurent sur la liste de l'UICN et cinq espèces sur la liste CITES (volume J, annexe 2.2, tableau 4).

Cinquante-deux espèces d'oiseaux ont été recensées dans le sous-secteur du parc à résidus du secteur local d'étude de Toamasina et 34 espèces dans le sous-secteur de l'usine. Les deux espèces sur la liste de l'UICN ont été signalées dans les deux zones, cependant, seulement une des cinq espèces sur la liste CITES, *Falco newtoni newtoni*, a été observée dans le sous-secteur de l'usine.

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 de Toamasina, 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. Des enjeux et des préoccupations diverses associées aux impacts potentiels du projet sur la faune ont été soulevées lors de la consultation, particulièrement par les organisations non gouvernementales environnementales (ONG) intéressés à l'environnement (volume A, section 6).

Les principaux enjeux associés aux espèces de faune comprennent:

- les impacts potentiels de la construction et de l'opération de l'usine de traitement et du parc à résidus sur les populations d'espèces rares et en danger
- les effets directs et indirects de la construction et de l'exploitation 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

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?

Les activités du projet Ambatovy 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 des sites et la modification de l'hydrologie. La perte indirecte d'habitat peut être causée par une perturbation sensorielle et les émissions atmosphériques. Des mortalités directe et indirecte peuvent être engendrées par le défrichement de l'habitat, par la perturbation sensorielle due à la construction ou à l'exploitation, 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'exploitation. 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 Ambatovy, 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'exploitation. La perte d'habitat peut être le résultat des facteurs suivants:

- défrichement des sites
- changement de 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 des sites pendant les phases de construction et

d'exploitation du projet Ambatovy. 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. Le drainage des zones humides ou le rabattement de la nappe d'eau sont d'autres formes de perte directe d'habitat. 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 et la fragmentation initiale sont étroitement associées à la phase de construction, tandis que les obstacles au mouvement, les perturbations sensorielles et la perte d'habitat due aux émissions atmosphériques sont plutôt associés à la phase d'exploitation. Néanmoins, les deux phases du projet Ambatovy pourraient entraîner une perte directe et indirecte d'habitat. La fragmentation de l'habitat et les obstacles au mouvement sont traités avec question clé F-2.

Perte directe d'habitat

Liens d'impacts potentiels

Défrichement des sites

La perte directe d'habitat est l'effet le plus visible et elle se produit quand le territoire est dégagé pour d'autres fins. De toutes les sources possibles d'impacts associées à la construction du projet, la perte permanente d'habitat est une des plus importantes car elle réduit la capacité du milieu à supporter la faune (Fahrig 2003, Laurance et al 1999). Comme certaines installations (par ex., le parc à résidus, l'usine, les routes) seront permanentes, sur toute la durée du projet Ambatovy, la perte d'habitat associé à ces installations est à long terme. Pour les autres installations (par ex., les pipelines et conduites enfouis), la perte d'habitat pourrait être temporaire.

Changement de l'hydrologie

Le drainage des zones humides et le rabattement des eaux souterraines ou de surface peuvent directement ou indirectement détruire ou altérer l'habitat des amphibiens, des oiseaux aquatiques et des autres espèces fréquentant les zones humides (Coughanowr 1998). Dans le sous-secteur du parc à résidus, des changements de l'écoulement de l'eau sont prévus (volume D, section 3.7) lors de la construction et de l'exploitation. Dans le sous-secteur de l'usine, les changements de l'écoulement de l'eau prévus sont négligeables (volume C, section 3.6), si bien que ce lien d'impact sur la faune ne requiert pas d'évaluation plus poussée.

Méthodologie d'évaluation

Défrichement des sites

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 de Toamasina. L'empreinte au sol du projet comprend le parc à résidus, le site de l'usine et les infrastructures connexes. L'emplacement des routes et des zones de construction immédiatement adjacentes au parc à résidus ne sont pas connus, mais on suppose que ces éléments perturberont environ la moitié du territoire compris entre l'empreinte au sol des impacts du parc à résidus et les limites de propriété. Par conséquent, 50 % de la superficie de chaque habitat situé dans cette zone a été ajoutée à l'empreinte de perturbation au sol totale afin d'estimer les impacts du défrichement des sites.

Les impacts ont été évalués pour l'empreinte au sol totale même si le défrichement et la réhabilitation du parc à résidus auront lieu graduellement sur la durée du projet. Ainsi, l'analyse des impacts est prudente. La réhabilitation restaurera l'habitat dans le sous-secteur du parc à résidus, mais elle n'a pas fait l'objet d'une évaluation quantitative.

Changement de l'hydrologie

Les changements dans l'écoulement de l'eau entre les conditions de référence et le scénario d'impact ont été évalués pour les saisons sèche et des pluies et pour les trois bassins du sous-secteur du parc à résidus. Les méthodologies utilisées sont décrites en détail à la section Hydrologie (volume D, section 3.7). Les impacts potentiels sur les habitats et les espèces associées font l'objet d'une évaluation qualitative.

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'exploitation 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 de Toamasina comprennent:

Eléments de conception

- L'empreinte au sol de tous les sites est la plus petite qui réponde aux besoins du projet.
- L'utilisation de perturbations existantes (par ex., la route menant au parc à résidus) réduit la superficie à défricher.
- L'intégration d'éléments de conception préventifs pour la digue de bassin à résidus réduit le risque de rupture, et une planification des mesures d'urgence atténue les effets en cas de défaillance.

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 la végétation naturelle ou les habitats forestiers. Les espèces de faune clés seront autant que possible relocalisées ou capturées avant le défrichement.
- Le sous-secteur du parc à résidus sera défriché graduellement au fil de l'exploitation.

- Les perturbations des berges et du lit des cours d'eau seront réduites pendant la construction de la prise d'eau et de la conduite d'approvisionnement sur la rivière Ivondro.
- Des zones tampon seront maintenues le long des cours d'eau aussi longtemps que possible afin d'aider à préserver la qualité de l'eau sur le site et maintenir un habitat pour la faune.
- Des plans de gestion de l'eau et de surveillance du parc à résidus seront mis en place à la fermeture.

Réhabilitation et fermeture

- Le sous-secteur du parc à résidus sera graduellement réhabilité au fil de l'opération.
- Le plan de réhabilitation et de revégétalisation du parc à résidus comprendra une végétation appropriée identifiée conjointement avec les parties prenantes locales et les planificateurs régionaux.

Analyse des impacts

La superficie maximale des nouvelles perturbations associées au parc à résidus, au site de l'usine et aux infrastructures connexes sera de 1 469 ha (tableau 4.2-2). Cette valeur comprend l'empreinte au sol connue (1 331 ha) ainsi que les superficies qui sont prévues d'être perturbées par les routes et les aires de travaux de construction à proximité immédiate du parc à résidus (138 ha). Dans une optique d'estimation prudente des impacts sur l'habitat faunique, il a été supposé que la construction de tous les éléments aurait lieu en même temps.

La richesse en espèces d'amphibiens (9) et de reptiles (14) était faible dans le secteur de Toamasina, mais c'est dans les habitats de tavy, de savane arbustive et des zones humides qu'elle est la plus grande (volume J, annexe 2.2). La perte d'habitat associée au défrichement sera la plus élevée dans ces habitats, avec respectivement des pertes proportionnelles de 46,7 %, 20,9 % et 24,8 % (tableau 4.2-2). Bien que la perte proportionnelle de ces habitats soit élevée, tous les habitats, sauf peut-être les zones humides, ont été fortement dégradés et ne constituent vraisemblablement pas des habitats de grande qualité pour la faune.

La majorité des 59 espèces d'oiseaux observés lors des inventaires de référence est associée aux habitats forestiers et aux zones humides. Le défrichement des sites perturbera 17,5 % (29 ha) des bosquets littoraux et 12,3 % (25 ha) de l'agroforesterie. La majeure partie (96 %) du secteur local d'étude a déjà été perturbée ou dégradée, mais les zones humides naturelles supportent les deux espèces figurant dans les listes de l'UICN, soit *Rallus madagascariensis* et *Tachybaptus pelizenii*, observées à l'occasion des inventaires de référence. Ces deux espèces ont été observées aussi bien dans le secteur de l'usine de traitement

que dans celui du parc à résidus. Le défrichement est plus préoccupant pour ces espèces si des habitats appropriés en zones humides ne sont pas disponibles dans la zone et si la perte de ces zones humides affecte les dynamiques de population.

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

Type d'habitat	Scénario de référence (ha)	Scénario d'impact (ha)	Changement dû à l'empreinte au sol connue (ha) ^(a)	Changement additionnel prévu (ha) ^(b)	Changement total (%)
zones humides	117	85	-26	-3	-24,8
rivière Ivondro	61	61	0	0	0
bosquets littoraux	166	137	-29	0	-17,5
savanes arbustives ^(c)	1 103	873	-230	0	-20,9
agroforesterie	268	227	-25	-8	-12,3
tavy	2 278	964	-939	-125	-46,7
rizières	195	140	-52	-1	-27,2
autres ^(d)	457	424	-30	-1	-6,8
total	4 645	2 911	-1 331	-138	-31,6
ruisseaux et rivières (km) ^(e)	95	38	-53	-4	-60,0

^(a) L'empreinte au sol inclut le parc à résidus, le site de l'usine et les infrastructures connexes.

^(b) La localisation exacte des routes et des aires de travaux de construction à proximité immédiate du parc à résidus n'est pas finalisée mais la superficie de perturbation prévue affecte 50 % de la zone entre le parc à résidus et les limites de propriété du site. Aux fins de l'évaluation des impacts, 50 % de la superficie de chaque habitat de cette zone a été ajoutée à l'empreinte au sol connue.

^(c) Inclut les habitats de type savane arbustive/prairie côtière, savane arbustive et cordon de dune littoral.

^(d) Inclut l'industrie et les infrastructures urbaines.

^(e) Les conditions de référence comprennent la rivière Ivondro, qui ne sera pas perturbée.

Le site du parc à résidus sera réhabilité progressivement pendant l'exploitation. A la fermeture, diverses utilisations du sol pourraient être proposées pour le parc à résidus final et faire l'objet de consultation. Les utilisations finales du sol dépendent du potentiel de réhabilitation des résidus miniers, un aspect qui sera étudié pendant l'exploitation du projet. L'objectif écologique pour ce site sera de rétablir un écosystème naturel ou agreste qui soit physiquement stable, viable et capable d'assurer une bonne couverture végétale offrant une protection durable contre l'érosion.

Changement de l'hydrologie

Pendant la construction et l'exploitation, les changements prévus dans l'hydrologie sont élevés dans les trois bassins du sous-secteur du parc à résidus (tableau 4.2-3). Les impacts sont plus faibles dans les sections aval, mais ils demeurent élevés pendant l'exploitation. A la fermeture, les impacts prévus sont faibles dans tous les bassins sauf la section C1, juste en aval du secteur réhabilité

du bassin C, où les prévisions d'écoulement moyen sont de 53 % inférieures aux conditions de référence (volume D, section 3.7).

Tableau 4.2-3 Réduction de l'écoulement de l'eau résultant de changements dans l'hydrologie du secteur local d'étude de Toamasina

Bassin ^(a)	% de changement Exploitation ^(b)	% de changement Fermeture
A	39-65	2-5
B	0-66	0-4
C	37-53	3-53

^(a) Bassins dans le sous-secteur du parc à résidus du secteur local d'étude.

^(b) Plage de valeurs moyennes pour tous les secteurs à l'intérieur de chaque bassin.

Les changements importants dans l'écoulement de l'eau le long des zones riveraines peuvent affecter la diversité de la flore, et ainsi la diversité de la faune.

La perte d'habitat prévue résultant de changements de l'hydrologie, plus précisément la diminution de l'écoulement, affectera les espèces associées aux habitats riverains. Si l'écoulement de l'eau vers les zones humides restantes dans le secteur local d'étude diminue, l'avifaune et les amphibiens des zones humides seront les populations les plus affectées. Parmi les 59 espèces d'oiseaux, 14 sont associées aux zones humides, dont les deux apparaissant sur les listes de l'UICN. De façon générale, le secteur local d'étude supporte peu d'espèces d'amphibiens (volume J, annexe 2.1), bien que les chercheurs aient été étonnés d'observer une diversité d'espèces relativement grande pendant leur bref inventaire. Ces espèces sont typiques des forêts humides primaires qui existaient autrefois dans cette région. Les changements dans l'écoulement de l'eau pourraient influencer l'humidité et les microclimats qui supportent cette diversité.

Classification des impacts résiduels

Les impacts résiduels et les conséquences sur l'environnement d'une perte directe d'habitat faunique résultant de la construction et de l'exploitation du projet Ambatovy sont présentés au tableau 4.2-4. Bien que les études prévoient des conséquences de niveau élevé sur l'environnement des habitats des zones humides, de la savane arbustive et des cours d'eau à la suite du défrichement des sites, ces impacts sont des pertes proportionnelles des types de végétation dans ce qui ne représente probablement pas un habitat faunique de grande qualité, à l'exception peut-être des habitats des zones humides. De plus, comme ces habitats sont typiques de la région (volumes C et D, section 4.1) et que 96 % du secteur local d'étude est couvert de types de végétation dégradés, les impacts résiduels prévus sur la faune, y compris les espèces rares, sont faibles.

De la même façon, la perte proportionnelle d'habitats dans les bosquets littoraux entraîne un impact moyen, mais ce résultat repose strictement sur l'étendue géographique affectée et ne tient pas compte de la qualité de l'habitat pour la faune. Bien que ce type de végétation ne constitue plus un habitat primaire à cause des impacts humains antérieurs, certaines espèces continuent d'y vivre. Cependant, étant donné qu'aucune espèce forestière rare n'a été observée dans le secteur local d'étude et que des habitats similaires existent ailleurs dans la région, les impacts sur les populations d'espèces occupant ces habitats devraient être faibles.

Un impact variable, de faible à élevé, est prévu en raison des changements dans l'hydrologie des bassins versants du secteur du parc à résidus pendant la construction et l'exploitation (tableau 4.2-4). La conséquence sur l'environnement sera ramenée à un niveau faible dans le cas du bassin B car l'intensité de l'impact y sera faible et la portée locale. Après la mise en œuvre des mesures d'atténuation et de réhabilitation à l'année 15, la conséquence prévue sur l'environnement du bassin A sera moyenne puisque l'intensité des impacts est faible, leur portée dépasse les limites du secteur local d'étude et la durée est à moyen terme. Les impacts dans le secteur du bassin C demeureront élevés après la fermeture car l'impact sera de forte intensité, à long terme et d'une portée au-delà des limites du secteur local d'étude.

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

Élément	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Défrichement des sites							
espèces rares	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
autres espèces	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
Enjeu : Changement de l'écoulement de l'eau							
Bassin A habitat aquatique	négative	faible	régionale	moyen terme	réversible	élevée	moyenne
Bassin B habitat aquatique	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
Bassin C habitat aquatique	négative	forte	régionale	long terme	réversible	élevée	élevée
espèces rares	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
autres espèces	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible

^(a) Inclut les habitats de type savane arbustive/prairie côtière, savane arbustive et cordon de dune littoral.

Il est prévu que la modification de l'écoulement de l'eau pendant l'exploitation entraînera des changements dans l'habitat, mais la durée de ces changements et la possibilité de restaurer les habitats après la fermeture restent inconnues. Les

impacts sur les zones humides, en particulier, sont préoccupants car ces milieux supportent deux espèces d'oiseaux figurant dans les listes de l'UICN. Toutefois, tel que mentionné plus haut, ces habitats sont typiques de la région (volumes C et D, section 4.1) si bien que les impacts résiduels prévus sur la faune, incluant les espèces rares, devraient être faibles.

Lors de la fermeture, la réhabilitation progressive du parc à résidus devrait dans une certaine mesure renverser les impacts. Il est cependant incertain que la revégétalisation créera des habitats de structure et de composition similaires aux habitats existants et fournira un habitat approprié à certaines espèces endémiques. La planification régionale déterminera l'utilisation finale du sol et, s'il comprend des aires de végétation native, des effets positifs envers la faune pourront s'ensuivre.

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions relatives aux impacts sur l'habitat résultant du défrichement des sites est élevé. La portée géographique des pertes d'habitat ainsi que la distribution de ces habitats dans le pays sont bien connues. Il reste cependant des incertitudes quant aux prévisions d'impacts car les associations faune-habitat sont dérivées d'un nombre limité d'observations faites pendant les inventaires. Le niveau de confiance des prévisions relatives aux impacts sur les habitats dus aux changements de l'écoulement de l'eau est de faible à moyen, puisque l'écoulement de l'eau a été modélisé à partir des données hydrologiques d'une seule année et que les changements dans la végétation associés à ces impacts n'ont pas été établis de manière quantitative.

Surveillance

La surveillance portera une attention particulière à la qualité et à l'écoulement de l'eau afin d'assurer la protection des milieux en aval. Un programme limité de surveillance des amphibiens du secteur de Toamasina est proposé afin mesurer les changements potentiels dans la distribution, l'abondance et la santé des espèces clés à la suite de changements dans l'écoulement et la qualité de l'eau.

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.

Perturbation sensorielle

Des perturbations sensorielles pourraient résulter de la construction aussi bien que de l'exploitation. Elles pourraient entraîner des effets de déplacement et des changements dans l'abondance de la faune (Forman 1995). Pour un examen plus détaillé des effets potentiels de la perturbation sensorielle, voir le volume B, section 4.2. La construction et l'exploitation de l'usine de traitement et du parc à résidus feront augmenter les niveaux de bruit et d'intensité lumineuse.

Effets de lisière

Pour une discussion détaillée des impacts potentiels des effets de lisière, voir le volume B, section 4.2.

Effets de la poussière

En raison de l'augmentation des perturbations du sol causées par la construction et l'exploitation du projet Ambatovy, il y a une probabilité accrue que la poussière infiltre les habitats non perturbés environnants, avec des effets directs et indirects sur la faune.

Introduction d'espèces exotiques et envahissantes

Comme 96 % du secteur local d'étude a déjà été perturbé ou dégradé, c'est peu probable que les activités du projet accroissent davantage le risque d'introduction d'espèces exotiques et envahissantes. Cet aspect n'est donc pas considéré comme un enjeu d'impact.

Changements microclimatiques

Le défrichement effectué dans le secteur local d'étude de Toamasina augmentera la quantité d'habitats de lisière entre les habitats. Des changements dans la faune sont susceptibles de se produire le long de l'écotone.

Méthodologie d'évaluation

Pour une description plus détaillée des méthodologies d'évaluation des effets indirects, voir le volume B, section 4.2.

Perturbation sensorielle

Bruit

Les changements dans les niveaux de bruit associés à l'usine de traitement ont été modélisés à partir du scénario aux conditions de référence et des scénarios d'impacts des activités du projet pendant la construction et l'exploitation, afin de déterminer les impacts potentiels (volumes C et D, section 3.4). Les niveaux de bruit n'ont pas été modélisés pour les activités de construction et d'exploitation dans le sous-secteur du parc à résidus.

Le bruit a été considéré comme un impact quand il dépasse les recommandations de la Banque mondiale pour l'exposition humaine, soit 55 dBA pour le jour et 45 dBA pour la nuit (The World Bank Group 1999). La portée géographique de chaque type d'habitat type subissant un niveau de bruit égal ou supérieur à ces deux plages de bruit a été calculée afin d'établir les impacts. L'évaluation qualitative des impacts sur les espèces utilisant ces habitats est présentée ici. La portée géographique de chaque habitat affecté par le bruit s'ajoute aux pertes directes d'habitat et doit donc être prise en compte en même temps que les pertes dues aux autres effets indirects.

Lumière

Les effets de la lumière sur la faune ont fait l'objet d'une évaluation qualitative.

Effets de lisière

Poussière, espèces envahissantes et changements microclimatiques

L'évaluation des impacts dus aux effets de lisière a supposé que ces effets se produiraient tous à une distance donnée de toute lisière d'origine humaine. Une zone tampon de 100 m a été ajoutée autour du projet et la superficie de chaque type d'habitat dans la zone tampon a été calculée afin de déterminer les impacts. L'évaluation qualitative des impacts sur les espèces utilisant les habitats affectés est présentée ici. La portée géographique de chaque habitat affecté par ces effets de lisière s'ajoute aux pertes directes d'habitat et doit donc être prise en compte en même temps que 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 réduiront la perte indirecte d'habitat et l'altération due aux perturbations sensorielles, aux effets de poussière et aux changements microclimatiques du secteur local d'étude de Toamasina comprennent:

Eléments de conception

- pots d'échappements sur les véhicules pour réduire le bruit
- spécifications de niveau de bruit appliquées à tous les équipements générateurs majeurs de bruit
- luminaires dirigées efficacement pour ne pas affecter les habitats voisins

Techniques d'atténuation

- capture et suppression des rongeurs exotiques autour de la base vie et des autres bâtiments
- mesures de réduction de la poussière, particulièrement en saison sèche

Réhabilitation et fermeture

- démantèlement et réhabilitation progressive du parc à résidus pendant son exploitation, afin de supprimer la perturbation sensorielle et réduire les effets de lisière

Analyse des impacts

Perturbation sensorielle

Les impacts du bruit de l'usine de traitement sur les habitats situés hors de son empreinte au sol sont identifiés au tableau 4.2-5. Les sources de bruit sont décrites en détail dans les volumes C et D, section 3.4. Les habitats des bosquets littoraux, de la savane arbustive et des zones humides seront les plus affectés en terme d'impact par les niveaux de bruit supérieurs à 45 dBA. Le tavy et les rizières du sous-secteur du parc à résidus ne seront pas grandement affectés par le bruit issu de l'usine de traitement. Pendant la construction, le niveau de bruit serait comparable à celui décrit pour la construction du pipeline : il s'atténuerait à 45 dBA (norme de la Banque mondiale pour le jour) à partir d'une distance de 200 à 500 m, selon le niveau d'activité. Durant l'exploitation, le passage occasionnel d'un véhicule pour l'inspection du périmètre du bassin ne constituera pas une source de bruit significative.

Les espèces les plus susceptibles d'être affectées par le bruit comprennent les espèces des habitats affectés qui utilisent la vocalisation pour la reproduction (par ex., les amphibiens, les oiseaux) et les espèces craintives dans les zones où le bruit dépasse les niveaux de référence. Si le niveau de bruit affecte la capacité des individus à trouver un partenaire, des effets localisés pourraient avoir lieu sur la population avec le temps. Les niveaux de bruit moyens de référence au site de l'usine de traitement, et particulièrement dans le secteur du parc à résidus, sont plus élevés qu'au site de la mine en raison de l'activité humaine présente (volume I, annexe 5.1).

Les espèces les plus susceptibles d'être affectées par la lumière comprennent celles qui sont attirées par la lumière (par ex., les papillons de nuit et les espèces insectivores telles que les chauves-souris) et les espèces sensibles à la lumière (par ex., voir notamment, Elouard et al. 2003). Des mesures d'atténuation de la lumière aideront à réduire ces impacts.

Tableau 4.2-5 Impact (ha) sur les habitats associé au bruit généré par le projet dans le secteur local d'étude

Plage de niveau de bruit	Type d'habitat	Scénario de référence (ha)	Zone d'impact (ha)	Perte indirecte d'habitat (%)
>55 dBA ^(a)	zones humides	117	-1,6	-1,4
	rivière Ivondro	61	0	0
	bosquets littoraux	166	0	0
	savane arbustive ^(b)	1 103	-8,7	-0,8
	agroforesterie	268	0	0
	tavy	2 278	0	0
	rizières	195	-0,2	-0,1
	autres ^(c)	457	0	0
45-55 dBA ^(d)	zones humides	117	-27,2	-23,2
	rivière Ivondro	61	0	0
	bosquets littoraux	166	-32,3	-19,5
	savane arbustive	1 103	-201,4	-18,3
	agroforesterie	268	0	0
	tavy	2 278	-2,1	-0,1
	rizières	195	-15,9	-8,2
	autres	457	-6,2	-20,1
Total	zones humides	117	-28,8	-24,6
	rivière Ivondro	61	0	0
	bosquets littoraux	166	-32,3	-19,5
	savane arbustive	1 103	-210,1	-19,1
	agroforesterie	268	0	0
	tavy	2 278	-2,1	-0,1
	rizières	195	-16,1	-8,3
	autres	457	-6,2	-20,1

^(a) Niveaux de bruit supérieurs aux niveaux maximums des recommandations de la Banque mondiale pour l'exposition humaine (The World Bank Group 1999).

^(b) Inclut les types d'habitat des savanes arbustives et prairies côtières, de la savane arbustive et du cordon de dune littoral.

^(c) Inclut l'industrie et les infrastructures urbaines.

^(d) Plage située entre les niveaux maximums pour le jour et pour la nuit de la Banque mondiale.

Effets de lisière

Poussière et changements microclimatiques

Les impacts potentiels les plus élevés dus aux effets de lisière consécutifs à la construction et à l'exploitation de l'usine de traitement et du parc à résidus concernent le tavy (53,8 %) (tableau 4.2-6). Les habitats des zones humides, des bosquets littoraux et de la savane arbustive seront affectés de la même façon par les effets de lisière, mais la superficie de savane arbustive (452 ha) affectée par la poussière et les changements microclimatiques est beaucoup plus grande que celle des autres habitats. Ces impacts s'ajoutent aux pertes directes dues au défrichement des sites.

Tableau 4.2-6 Habitats (ha) situés à l'intérieur des 100 m de la zone d'effets de lisière du secteur local d'étude de Toamasina

Type d'habitat	Scénario de référence (ha)	Zone d'impact (ha)	Perte d'habitat %
zones humides	117	-45	-38,5
rivière Ivondro	61	-3	-4,9
bosquets littoraux	166	-65	-39,2
savane arbustive ^(a)	1 103	-452	-41,0
agroforesterie	268	-70	-26,1
tavy	2 278	-1 225	-53,8
rizières	195	-72	-36,9
autres ^(b)	447	-155	-41,2
total	4 635	-2 087	-44.9

^(a) Inclut les types d'habitat des savanes arbustives et prairies côtières, de la savane arbustive et du cordon de dune littoral.

^(b) Inclut l'industrie et les infrastructures urbaines.

Classification des impacts résiduels

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

Perturbation sensorielle

Bruit

La conséquence sur l'environnement du bruit généré par l'usine de traitement est négligeable à faible pour la plupart des habitats. Le secteur du parc à résidus produira quant à lui peu de bruit. Dans le secteur de l'usine, une grande proportion des habitats immédiatement adjacents à l'usine sera affectée par des niveaux de bruit supérieurs aux niveaux maximums de la Banque mondiale. Le bruit sera continu sur toute la durée du projet. Les habitats les plus affectés par ce bruit sont de qualité relativement faible.

Bien que les valeurs moyennes horaires des L_{eq} observés en conditions de référence aux environs du site de l'usine se situent en dessous des critères de la Banque mondiale pour l'exposition humaine, les niveaux de bruit maximum de référence (L_{max}) dépassent régulièrement ces critères (volume I, annexe 5.1). Par conséquent, les impacts prévus seront faibles pour les espèces craintives et neutres pour les autres espèces fréquentant les habitats affectés.

Dans le secteur du parc à résidus, tous les effets associés au bruit seront éliminés au moment de la fermeture. L'usine de traitement demeurera cependant un site industriel.

Tableau 4.2-7 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	moyen terme	réversible	élevée	faible
espèces craintives	négative	faible	locale	moyen terme	réversible	élevée	faible
autres espèces	neutre à négative	négligeable	locale	moyen terme	réversible	élevée	négligeable
Enjeu : Perturbation sensorielle – Lumière							
espèces attirées par la lumière	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
espèces fuyant la lumière	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
Enjeu : Effets de lisière							
faune	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible

Lumière

La conséquence prévue de la lumière sur l'environnement est faible suite à la mise en œuvre de mesures d'atténuation efficaces.

Effets de lisière

Poussière et changements microclimatiques

Les effets de lisière ont un impact sur une grande partie de chaque habitat et les changements dans l'apport en poussière et le microclimat auront une durée à long terme. Cependant, une grande partie du secteur local d'étude est composée d'habitats déjà perturbés, si bien que les impacts sur la faune dus aux effets de lisière seront probablement faibles. Les principaux impacts de la poussière pourraient survenir dans les habitats des zones humides si la qualité de l'eau (par ex., les niveaux d'intensité lumineuse et d'oxygène) est affectée. Les habitats forestiers pourraient être les plus affectés par la création de lisières entraînant des changements microclimatiques.

Les effets de lisière associés à l'usine de traitement dureront au-delà du cycle de vie du projet, mais des mesures d'atténuation réduiront les impacts potentiels de la poussière. Selon l'utilisation finale du sol déterminée lors de la planification régionale, la réhabilitation du parc à résidus réduira les effets de lisière avec le temps.

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions sur la portée géographique des impacts du bruit et des effets de lisière sur les habitats est élevé car ces impacts ont fait l'objet d'une modélisation spatiale. Cependant, certaines incertitudes persistent parce que les associations espèce-habitat ont dû être dérivées d'observations limitées sur le terrain.

Surveillance

La surveillance est examinée dans la section portant sur la perte directe d'habitat. Aucune surveillance spécifique des effets indirects sur la faune n'est proposée.

Mortalité directe

Liens d'impacts potentiels

Mortalité directe due au défrichement des sites

Le défrichement de la végétation et le déblaiement des sols pourraient tuer des animaux peu mobiles ou dont le domaine vital est restreint. Les animaux sédentaires et les juvéniles, y compris ceux qui n'ont pas quitté le nid, sont particulièrement frappés par de la mortalité suite au défrichement des sites. Même si les oiseaux adultes peuvent s'envoler loin des nuisances, les oisillons sont vulnérables pendant le défrichement des sites. Les lézards et amphibiens peu mobiles, tout comme les petits mammifères, peuvent aussi être frappés par cette source de mortalité.

Interaction entre la faune et les infrastructures

Les infrastructures associées au site de l'usine (par ex., les poteaux, lignes électriques aériennes et autres tours verticales) pourraient causer des collisions ou l'électrocution d'oiseaux (pour plus de détails sur les effets possibles, voir le volume B, section 4.2). Le parc à résidus et le bassin de stockage d'eau au site de l'usine pourraient constituer des pièges potentiels si les bords ou le fond sont meubles.

Les impacts des autres infrastructures telles que les routes sont examinés dans les sections consacrées aux obstacles au mouvement, aux changements dans la chasse et la cueillette, et aux collisions véhicule-faune.

Collisions véhicule-faune

Pratiquement toutes les espèces de faune sont sujettes à la mortalité routière. La mortalité routière peut causer un déclin dans les populations locales, mais ces effets sont propres à chaque site, en fonction des espèces et des circonstances

(par ex., le type de route, le volume du trafic). Le projet nécessitera la construction de multiples routes et voies ferrées.

Chasse et cueillette

Comme la majeure partie du secteur local d'étude a déjà été perturbée et qu'elle est traversée par des voies d'accès existantes, il est peu probable que le projet accroîtra le risque pour les espèces. Par conséquent, la mortalité due à la chasse et à la cueillette ne fait pas l'objet d'un examen plus approfondi.

Méthodologie d'évaluation

La portée géographique (ha) du défrichement des sites a été déterminée comme pour la perte directe d'habitat. Les impacts sur la faune sont traités de façon qualitative.

Les interactions avec les infrastructures et les collisions véhicule-faune sont évaluées qualitativement car 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 4.2-1).

Mesures d'atténuation

Eléments de conception

- modification des ponceaux sous les routes afin de faciliter leur franchissement par la faune
- utilisation de balises telles que des sphères indiquant les lignes de transmission à l'intention des aéronefs
- considération de normes de construction protégeant les rapaces à l'étape de conception finale des lignes de transmission

Techniques d'atténuation

- relocalisation ou capture dans des secteurs choisis, et avant le défrichement des sites, de certaines espèces clés qui ne se déplaceraient pas devant les activités de construction.
- signalisation et limites de vitesse
- élaboration d'un plan de gestion des déchets
- piégeage et suppression de la faune occasionnant des nuisances (rongeurs) à proximité de l'usine et de la base vie

Réhabilitation et fermeture

- Réhabilitation progressive du parc à résidus

Analyse des impacts

Défrichement des sites

Les activités du projet Ambatovy entraîneront le défrichement et la perturbation d'un maximum de 1744 ha. Les habitats subissant le plus d'impact sont ceux du tavy, de la savane arbustive et des zones humides, tandis que les habitats des bosquets littoraux et de l'agroforesterie subiront des impacts moyens (voir tableau 4.2-2). Les espèces sédentaires et peu mobiles occupant ces habitats sont les plus exposées à la mortalité.

Classification des impacts résiduels

Les impacts résiduels des effets indirects sont décrits au tableau 4.2-8.

Tableau 4.2-8 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la mortalité directe

Taxon	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Mortalité directe due au défrichement des sites							
espèces rares	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
espèces communes peu mobiles ou sédentaires	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
autres espèces	négative	faible	locale	court terme	réversible	faible	négligeable
Enjeu : Collisions véhicule-faune							
espèces communes peu mobiles ou sédentaires	négative	faible	locale	long terme	réversible	moyenne	faible
autres espèces	négative	faible	locale	long terme	réversible	moyenne	faible

Défrichement des sites

Les conséquences prévues sur l'environnement de la mortalité directe de toutes les espèces sont négligeables puisque les effets prévus sont d'intensité faible, localisés à l'intérieur du secteur local d'étude, de durée à court terme, limités à la phase de construction, et réversibles si les populations restantes peuvent compenser les pertes. L'intensité prévue des impacts sur les espèces rares est faible puisque les habitats déjà perturbés supportent peu d'espèces rares (volume

J, annexe 2.2, figure 4) et que l'abondance prévue de telles espèces est elle-aussi faible. Des mesures d'atténuation incluant la capture et la relocalisation d'espèces clés avant la construction, ainsi que la réhabilitation du parc à résidus minimiseront les impacts.

Collisions véhicule-faune

Des collisions véhicule-faune devraient se produire sur toutes les routes pendant toute la durée du projet. De plus, le projet Ambatovy entraînera une augmentation du trafic sur les routes existantes des environs (volumes D et E, section 5.5). Les impacts prévus les plus élevés concernent les espèces terrestres peu mobiles car, plus à risque, ainsi que les espèces rares ou les espèces à faible fécondité car la perte d'individus risque d'affecter leurs populations. Pour ces deux derniers groupes, les impacts peuvent être de portée régionale pour les populations qui s'étendent au-delà du secteur local d'étude. Pour toutes les espèces affectées, la durée de l'impact sera à long terme, mais les effets sont réversibles sur les populations restantes pouvant compenser les pertes. La fréquence est moyenne car les pertes seront intermittentes. La modification des ponceaux de façon à faciliter les mouvements de la faune, la sensibilisation des travailleurs, le contrôle de la vitesse et la signalisation contribueront à réduire l'intensité de ces impacts (c.-à-d. le taux de collisions). De façon générale, la conséquence prévue sur l'environnement des collisions véhicule-faune est faible puisque le secteur local d'étude est déjà en grande partie perturbé, que la richesse en espèces est relativement faible et que les routes ne seront pas aménagées dans des habitats de grande qualité voire emprunteront des tracés existants.

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions sur la mortalité directe est moyen. Bien que les connaissances sur la densité des espèces de ce secteur soient limitées, les inventaires confirment la qualité généralement médiocre de l'habitat faunique dans le secteur.

Surveillance

Une surveillance aidera à déterminer si les mesures d'atténuation sont efficaces ou si des ajustements sont nécessaires. Le promoteur mettra en place un programme de surveillance de la faune comprenant notamment:

- un inventaire de tous les animaux enlevés avant et pendant le défrichement ou l'exploitation (c.-à-d. les espèces occasionnant des nuisances)
- une surveillance de la fréquentation par la faune des secteurs des bassins, afin d'évaluer les impacts de l'interaction entre la faune et les infrastructures du projet

- Le comportement des conducteurs de véhicules sera surveillé, tant pour des questions de sécurité que de protection de la faune

Conclusions

Le défrichement des sites de l'usine de traitement et du parc à résidus pendant la construction est la première cause de perte directe d'habitat et de mortalité faunique. Comme la majeure partie du secteur ciblé pour le projet se situe dans des habitats déjà perturbés ou dégradés, ce qui est le cas de tous les habitats terrestres, les impacts prévus sur la faune sont faibles. Les zones humides supportent les deux seules espèces d'oiseaux rares recensées pendant les inventaires de référence et, comme les habitats du secteur local d'étude sont typiques des habitats de la région et comme ces espèces sont très mobiles, les impacts prévus sur ces espèces sont faibles. La réhabilitation du parc à résidus sera une des principales mesures d'atténuation des impacts sur la faune dus au défrichement des sites et aux effets indirects.

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. Le processus de fragmentation résulte souvent en des fragments d'habitat discontinus comportant une grande proportion de périmètre ouvert. La fragmentation augmente ainsi la surface de lisières d'habitat, réduit la proportion d'habitat intérieur et accroît la distance entre les îlots d'habitat. Pour un examen plus détaillé, voir le volume B, section 4.4.

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 (pour une discussion détaillée, voir volume B, section 4.2). Certains changements dus à la fragmentation peuvent être positifs (par ex., les papillons sont plus abondants dans les clairières s'il existe un habitat approprié). 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).

La construction de routes est un facteur majeur de la fragmentation de l'habitat forestier (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 et les installations). Ces barrières peuvent entraîner indirectement une perte d'habitat en empêchant les animaux d'avoir accès à l'habitat. Des perturbations larges (par ex., les infrastructures du projet Ambatovy) ou étroites telles que les corridors linéaires (par ex., les routes et les lignes de transmission électrique) peuvent affecter les déplacements de la faune. Les obstacles au mouvement peuvent aussi être le résultat d'activités associées aux phases de construction et d'exploitation. Pour une discussion détaillée, voir le volume B, section 4.2.

Méthodologie d'évaluation

Fragmentation

Les analyses de la fragmentation de l'habitat ont été réalisées dans le cadre de l'évaluation sur la biodiversité (volume D, section 4.4) ; ces méthodologies sont résumées ici. Quatre indices ont été générés afin d'identifier les changements dans la composition et la structure du paysage ainsi que les changements dans la connectivité du paysage entre la scénario de référence et le scénario d'impact. Le nombre d'îlots, leur superficie et la lisière totale ont servi à évaluer les changements dans la composition et la structure du paysage. La distance moyenne au plus proche voisin a servi à évaluer les changements dans la connectivité du paysage.

L'étude a supposé que la plupart des espèces préfèrent de vastes étendues continues d'habitat ou un paysage « interrelié », ce qui se traduit par des îlots moins nombreux mais plus étendus et des distances au plus proche voisin réduites. Les évaluations se basaient sur l'examen des changements de tous les indices de mesure, entre le scénario de référence et le scénario d'impact. En règle générale, la fragmentation est considérée comme un facteur négatif si les changements des indices de mesure correspondent à des îlots plus nombreux, plus petits, et à des distances au plus proche voisin accrues. Une évaluation qualitative des impacts sur le mouvement de la faune, dus à la fragmentation de l'habitat, a été réalisée et mise en rapport avec les impacts potentiels sur la faune.

Obstacles au mouvement

Les impacts associés aux obstacles aux mouvements de la faune ont fait l'objet d'une évaluation qualitative. L'évaluation portait sur les types de perturbations et l'étendue de lisière créée.

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

- Modification des ponceaux sous les routes afin de faciliter le franchissement par la faune et maintenir la connectivité entre les habitats

Techniques d'atténuation

- Défrichement progressif du parc à résidus au fil de l'exploitation
- Pendant la construction du pipeline, limitation des tranchées ouvertes seront limitées à de courtes sections et une brève durée de temps afin de piéger un minimum d'animaux. Les animaux tombés dans les tranchées seront capturés et relâchés

Réhabilitation et fermeture

- Utilisation d'une végétation appropriée pour la réhabilitation et décision de l'occupation du sol en consultation avec les parties prenantes locales et les planificateurs régionaux

Analyse des impacts

Fragmentation

La superficie moyenne des îlots en zones humides a diminué de 30 % (3 à 2 ha), avec une augmentation correspondante du nombre et de la dispersion de ces îlots (volume D, section 4.4). Des îlots plus petits peuvent entraîner des effets négatifs semblables à ceux associés à la perte d'habitat. Arrivée à un certain point, la superficie des îlots peut devenir trop petite pour supporter une population locale viable, ou la distance entre les populations locales peut devenir trop grande pour permettre une émigration efficace, réduisant ainsi le succès de la recolonisation et la persistance de la métapopulation (Hanski 1996; Pulliam 1996; Fahrig 2003). Comme les habitats du secteur local d'étude sont représentatifs des habitats de la région, la fragmentation des zones humides locales par le projet est prévue d'affecter seulement la population de faune locale, et non régionale.

L'habitat le plus fragmenté sera celui de la savane arbustive. La construction entraînera une diminution de la taille des îlots. Cependant, la richesse en espèces, particulièrement en espèces endémiques rares, est relativement faible dans tous les habitats du secteur local d'étude si on la compare à celle d'habitats non perturbés, sachant que les habitats du secteur local d'étude ont déjà été dégradés ou perturbés. Par conséquent, l'impact prévu sur les populations de faune est faible, même si des impacts dus à la fragmentation affecteront le déplacement et la répartition de la faune locale.

Obstacles au mouvement

Tous les éléments du projet créeront des obstacles potentiels au mouvement de la faune qui seront permanents ou s'étaleront sur la durée du projet. Les obstacles physiques comprennent les infrastructures de l'usine et le parc à résidus. Tous les autres éléments, y compris les routes et les servitudes du pipeline, seront à l'origine d'obstacles en créant des lisières artificielles et en causant une perturbation sensorielle. Les pipelines seront enfouis, si bien que seules les espèces craintives ou incapables de franchir des espaces ouverts seront affectées. Comme tous les habitats terrestres du secteur local d'étude sont déjà perturbés et peu riches en espèces, les effets prévus du projet sur les mouvements de la faune sont faibles. Des mesures d'atténuation, incluant la réhabilitation progressive du parc à résidus et la modification des ponceaux, réduiront encore l'intensité de ces impacts.

Classification des impacts résiduels

Les impacts résiduels résultant de la fragmentation des habitats et des obstacles au mouvement sont énumérés au tableau 4.2-9.

Fragmentation

La conséquence prévue sur l'environnement pour tous les habitats en raison de la fragmentation est faible puisque l'intensité des changements dans les indices de mesure du paysage sera faible. Les effets seront de portée locale, et d'une durée à long terme comme les impacts dureront au-delà de la durée du projet. Tous les effets sont réversibles dans les zones réhabilitées, sauf pour ce qui est des zones humides car ces habitats ne peuvent être restaurés.

Les impacts prévus sur la faune devraient affecter davantage les espèces de l'intérieur de la forêt et des zones humides. Cependant, le secteur local d'étude compte quelques grands îlots boisés et des habitats de zones humides similaires se retrouvent dans la région, si bien que ces impacts devraient être faibles. Des mesures d'atténuation, incluant la réhabilitation progressive du parc à résidus, réduiront encore l'intensité de ces impacts.

Tableau 4.2-9 Classification des impacts résiduels sur la faune dus à la fragmentation et aux obstacles au mouvement

Taxon	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Fragmentation							
zones humides ^(a)	négative	faible	locale	long terme	irréversible	faible	faible
savane arbustive ^(b)	négative	faible	locale	long terme	réversible	faible	faible
espèces à vaste aire de répartition	négative	négligeable	locale	long terme	réversible	élevée	négligeable
espèces craintives	négative	négligeable	locale	long terme	réversible	élevée	négligeable
Enjeu : Obstacles au mouvement							
espèces à vaste aire de répartition	négative	faible	locale à régionale	long terme	réversible	élevée	faible à modérée
espèces craintives	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible
autres espèces	négative	faible	locale	long terme	réversible	élevée	faible

^(a) Bien représentées dans les secteurs du parc à résidus et de l'usine.

^(b) Surtout dans le secteur de l'usine.

Obstacles au mouvement

Les obstacles au mouvement prévus auront une conséquence sur l'environnement faible à moyenne pour les espèces à vaste aire de répartition, puisque les impacts peuvent s'étendre au-delà du secteur local d'étude si leurs capacités de dispersion et d'accouplement sont affectées. Pour toutes les espèces affectées, la durée de l'impact sera à long terme car les effets se feront ressentir jusqu'à la réhabilitation des habitats. Les effets sont réversibles si les populations restantes peuvent compenser les pertes, tandis que la fréquence est élevée puisque les obstacles seront présents continuellement. Comme tous les habitats terrestres du secteur local d'étude sont déjà perturbés et peu riches en espèces, les effets prévus du projet sur les mouvements de la faune sont faibles. Des mesures d'atténuation, incluant la réhabilitation progressive du parc à résidus, des ponceaux sous les routes et des mesures d'atténuation du bruit, réduiront encore l'intensité de ces impacts.

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions relatives aux changements des indices de mesure du paysage dus à la fragmentation est élevé car ces impacts ont fait l'objet d'une analyse spatiale. Il reste cependant certaines incertitudes compte

tenu que les associations espèce-habitat sont dérivées d'un nombre limité d'inventaires de terrain.

Surveillance

Aucune surveillance particulière n'est proposée pour la fragmentation et les obstacles au mouvement, autre que la surveillance mentionnée plus haut pour la perte directe d'habitat.

Conclusions

Les impacts sur les mouvements de la faune dus à la fragmentation et aux obstacles au mouvement associés à la construction et à l'exploitation de l'usine de traitement, du parc à résidus et des infrastructures connexes seront plus élevés pour les espèces de l'intérieur de la forêt, les espèces craintives et les espèces à vaste aire de répartition. Cependant, comme tous les habitats terrestres du secteur local d'étude sont déjà perturbés et peu riches en espèces, les effets prévus du projet sur les mouvements de la faune sont faibles. Des mesures d'atténuation, incluant la réhabilitation progressive du parc à résidus, l'enfouissement des pipelines, les ponceaux sous les routes et les mesures d'atténuation du bruit réduiront encore davantage l'intensité de ces impacts.

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 Ambatovy 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 et à la suite de changements dans le milieu aquatique. Les émissions prévues de l'usine de traitement sont conformes aux recommandations de l'Organisation mondiale de la Santé (OMS) sur la qualité de l'air ambiant (OMS 2000) si bien qu'aucune étude plus poussée n'est nécessaire. Pour s'assurer que la qualité de l'air ambiant reste dans les limites

recommandées, le promoteur maintiendra une surveillance de la qualité atmosphérique pendant toute la durée du projet. Un résumé de la surveillance atmosphérique propre au projet est présenté à la section Qualité de l'air (volume E, section 3.4).

Qualité de l'eau

Une augmentation de la concentration de contaminants peut avoir sur la faune des effets sub-létaux à toxiques, directs ou indirects, après ingestion de plantes ou de proies (USEPA 2005).

Méthodologie d'évaluation

Qualité de l'eau

L'information fournie par les évaluations sur la qualité de l'eau (volume D, section 3.8 et volume E, section 3.10) a aidé à évaluer les impacts potentiels sur la faune du secteur local d'étude de Toamasina. Les recommandations sur l'eau potable à usage humain (OMS 2004) et les écosystèmes aquatiques (Department of Water Affairs and Forestry 1996) fournissent des lignes directrices générales pour la faune. Une évaluation qualitative a été réalisée sur les espèces de faune sensibles. Les impacts de la qualité de l'eau sur la faune aquatique, incluant les poissons, sont traités dans les sections Santé humaine et écologique (volumes D et E, section 5.4) et Poissons et ressources aquatiques (volumes D et E, section 4.3).

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

Le promoteur a intégré de nombreuses mesures d'atténuation dans la conception des installations du projet Ambatovy afin de réduire les impacts dus aux rejets d'eau. Ces mesures sont décrites dans les sections Qualité de l'eau (volume D, section 3.8 et volume E, section 3.10). Pour s'assurer que la conception et les mesures d'atténuation du projet ont l'effet voulu, le promoteur effectuera une surveillance régulière de la qualité de l'eau et utilisera les résultats de cette surveillance pour apporter les ajustements nécessaires à ses opérations, le cas échéant.

Analyse des impacts

Qualité de l'eau

D'après les résultats de la modélisation prédictive effectuée pour l'évaluation de la qualité de l'eau du parc à résidus (volume E, section 3.10), la concentration de la plupart des métaux pendant la phase d'exploitation correspond aux niveaux de référence, à l'exception du manganèse. Les concentrations de cuivre et de zinc sont parfois légèrement au-dessus des niveaux de référence, mais tous les paramètres se situeront sous les directives OMS de qualité pour l'eau de boisson. Les quantités de cuivre, manganèse et zinc qui se retrouvent dans les systèmes aquatiques à partir du parc à résidus pendant la phase d'exploitation sont prévues supérieures aux recommandations sud-africaines pour les écosystèmes aquatiques (Department of Water Affairs and Forestry 1996). Dans les cas du cuivre et du zinc, les conditions de référence dépassent déjà ces recommandations. Il a été démontré que tous ces éléments ont un effet sur les espèces de faune (USEPA 2005), mais chaque espèce est affectée différemment et selon un degré différent, surtout en fonction des concentrations. Il a été démontré que le cuivre et le zinc causent la mortalité et des anomalies de croissance chez les amphibiens (Horne et Dunson 1995, Owen 1981, USEPA 2005) ; cependant, l'évaluation de la santé écologique a confirmé que les impacts résiduels sur les ressources aquatiques seront faibles ou négligeables. Les concentrations prévues de ces métaux lourds sont inférieures aux directives pour la qualité de l'eau de boisson (OMS 2004) et relativement semblables aux concentrations de référence. L'intensité des impacts est prévue de niveau faible.

Toute l'eau de procédé de l'usine de traitement sera gérée sur le site du parc à résidus, puisque l'eau sert au traitement des résidus. L'effluent du bassin à résidus sera déversé dans l'océan et sera conforme aux recommandations appropriées. Les effets sur la faune marine sont décrits au volume F, section 3.3. Des mesures d'atténuation pendant la construction (c.-à-d. les procédures de contrôle du ruissellement et du débit solide), l'application des meilleures pratiques lors de l'exploitation et la mise en place d'un plan de drainage viable lors de la réhabilitation au moment de la fermeture permettront de minimiser les impacts sur la qualité de l'eau.

4.2.4.5 Classification des impacts résiduels

Les résultats de la classification des impacts résiduels sur la santé de la faune sont présentés au tableau 4.2-10.

Qualité de l'eau

Des augmentations par rapport aux niveaux de référence sont prévues dans les concentrations de certains métaux lourds dans le sous-secteur du parc à résidus, particulièrement celle du manganèse. Les niveaux prévus sont inférieurs à ceux des directives OMS de qualité pour l'eau de boisson. Les concentrations seront donc probablement trop faibles pour avoir des effets néfastes. Ces effets seront de portée locale et seront continus sur toute la durée du projet. Les conséquences prévues sur l'environnement des changements de la qualité de l'eau sont faibles pour les amphibiens et négligeables pour les autres espèces (tableau 4.2-10).

La qualité de l'eau fera l'objet d'une surveillance régulière pour s'assurer que les systèmes de contrôle fonctionnent tel que prévu. De plus, la santé des plantes et des amphibiens sera suivie de façon périodique pour s'assurer que les objectifs de protection sont atteints.

Tableau 4.2-10 Classification des impacts résiduels sur la santé de la faune

Taxon	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Enjeu : Qualité de l'eau							
amphibiens	négative	faible	locale à supra-régionale	moyen terme	réversible	moyenne	faible
autres espèces	négative	négligeable	locale	moyen terme	réversible	moyenne	négligeable

Niveau de confiance des prévisions

Le niveau de confiance des prévisions relatives aux impacts potentiels sur la santé de la faune résultant de changements dans la qualité de l'eau est moyen (voir aussi volume E, section 5.4).

Surveillance

Bien que les impacts et les niveaux de conséquence sur la santé de la faune soient négligeables à faibles, la qualité de l'eau demeure un enjeu préoccupant aux yeux du public. Le promoteur maintiendra une surveillance de la qualité de l'eau sur toute la durée du projet, avec des observations périodiques de la santé des plantes et des amphibiens.

Conclusions

Les émissions atmosphériques ne devraient pas affecter négativement la santé de la faune puisque tous les constituants rejetés respectent les recommandations de l'OMS sur la qualité de l'air ambiant pour l'homme et les espèces végétales sensibles. Les changements prévus dans la qualité de l'eau ont des conséquences sur l'environnement négligeables à faibles concernant la santé de la faune. Bien que des augmentations soient prévues dans les concentrations de certains métaux lourds au parc à résidus, les niveaux demeurent à l'intérieur des limites des directives OMS de qualité pour l'eau de boisson et n'ont pas d'effets néfastes prévus pour les populations de faune. Une surveillance de la qualité de l'eau sera maintenue pendant toute la durée du projet, avec des observations périodiques de la santé des plantes et des amphibiens.

4.3 POISSONS ET RESSOURCES AQUATIQUES

4.3.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale portant sur les effets de l'usine de traitement sur les poissons et les ressources aquatiques, conformément aux Termes de référence du Projet Ambatovy (ci-après désigné « le projet »).

Cette section de l'étude d'impact environnemental (EIE) présente un examen de l'information de référence et des enjeux, suivis par l'étude d'impact. Puisque la majorité des habitats et de la faune aquatique d'eau douce du secteur de l'usine de traitement sont similaires à ceux du parc à résidus et qu'ils y sont étroitement liés, les résultats des études et des évaluations d'impacts sont généralement applicables à cette composante de l'étude.

Les études de référence détaillées sur les ressources aquatiques, y compris sur la méthodologie de référence, l'analyse et les résultats pertinents à cette évaluation se trouvent dans le volume J, annexe 3.1, pièce jointe 1.

4.3.2 Secteur d'étude

Le secteur d'étude aquatique de Toamasina (volume A, figure 7.2-3) est situé au sud de la ville de Toamasina et comprend le parc à résidus, l'usine de traitement, les couloirs de service connexes et l'infrastructure de l'usine de traitement et du parc à résidus, ainsi que le futur emplacement du pont traversant le canal des Pangalanes. Le secteur local d'étude de l'usine de traitement pour les poissons et les ressources aquatiques comprend principalement des plans d'eau douce et d'eau saumâtre près du site de l'usine et des zones associées à l'infrastructure de l'usine (conduite d'approvisionnement en eau douce, conduite de déversement et couloir de service).

4.3.3 Résumé de l'étude de référence

Un échantillonnage détaillé des poissons ou d'autre biote aquatique n'a pas été effectué expressément dans les plans d'eau locaux du site de l'usine, mais a été fait au parc à résidus avoisinant (volume E, section 4.3) et au pipeline de pulpe à proximité du site de l'usine (volume C, section 4.3). L'information sur la méthodologie de collecte des données et les résultats figurent dans ces volumes; des résumés de l'information qui s'applique sont présentés dans les sections subséquentes du présent document.

Habitat aquatique

Le site de l'usine immédiat est situé à environ 2 km de la côte et ne compte que quelques zones humides saisonnières. A l'extérieur des limites de la propriété, les cours d'eau permanents qui sont liés à l'infrastructure de l'usine comprennent le canal des Pangalanes (une série de lacs, de lagunes et de rivières d'eau douce et d'eau saumâtre qui ont été joints par les Français à l'époque coloniale pour les besoins commerciaux, afin de protéger les barges de l'océan Indien) qui n'est qu'à quelques centaines de mètres de la mer; la rivière Ivondro au sud du site de l'usine et un affluent sans nom de la rivière Ivondro.

Poissons

Au total, 22 espèces de poissons, dont sept endémiques, sept natives et huit introduites ont été collectées dans le secteur d'étude de Toamasina et de l'usine de traitement lors des études de 2004-2005 (tableau 4.3-1). Un emplacement sur la rivière Ivondro situé en amont de la prise d'eau proposée et du couloir de la conduite d'approvisionnement en eau et six sites du secteur du parc à résidus et du couloir de service ont été étudiés pour établir cette liste des espèces. La diversité en espèces était moyennement élevée dans la zone, principalement en raison de la diversité et de la taille variée des habitats.

Dans la zone, plus particulièrement dans la rivière Ivondro et le canal de Pangalanes, plusieurs espèces de poissons et d'invertébrés sont couramment capturées par des pêches artisanales. Dans la rivière Ivondro, les espèces exotiques (c.-à-d. *Tilapia zilli*) étaient les poissons les plus souvent capturés. Des espèces de plus faible taille (*Bedotia madagascarensis*) ainsi que des crustacés (principalement des crevettes *Atyidés*) ont aussi été capturés dans nasses et utilisés. Parmi d'autres espèces exotiques courantes utilisées localement dans le secteur du projet, notons *Tilapia rendalli*, *Osphronemus goramy* et *Oreochromis niloticus*. Les poissons comestibles potentiels comprenaient l'espèce *Anguilla* (anguille) et le fibata, mais aucune information n'a été recueillie sur leur utilisation.

Le canal des Pangalanes le long de la côte orientale de Madagascar a soutenu historiquement la pêche artisanale et Vanden Bossche et Bernacsek (1991) ont indiqué que 11 espèces dominantes y étaient capturées, dont *Caranx melampygus*, *Ptychochromis oligacanthus*, *Eleotris fusca*, *Tilapia rendalli*, *Mugil robustus*, *Liza macrolepis*, *Paretroplus polyactis*, *Oreochromis mossambicus*, *Ambassis commersoni*, *Leognatus equila* et *Cyprinus carpio*. Le prédateur agressif *Channa maculata* (fibata) est également bien établi dans le système de chenaux, espèce qui a été introduite à Madagascar vers 1978 et qui s'est échappée des étangs pour aller dans le système de chenaux à proximité de

Vatomandry durant les inondations causées par les cyclones (Courtenay et Williams 2004).

Invertébrés aquatiques

Plusieurs invertébrés d'eau douce sont aussi utilisés pour l'alimentation locale. Ils comprennent plusieurs crustacés (crevettes) et gastéropodes. Les crevettes d'eau douce ont été capturées dans la rivière Ivondro à l'aide de pièges de roseaux et d'herbe. Les *Atyidés* (localement appelés « patsa ») sont de petites crevettes (généralement d'une longueur inférieure à 35 mm) et on les capture de façon courante dans les régions de la côte Est de Madagascar, on les fait sécher et on s'en nourrit (Short et Doumenq 2003).

Tableau 4.3-1 Espèces de poissons relevés dans le secteur d'étude de Toamasina (Usine de traitement et parc à résidus) en 2004-2005

Famille	Espèce	Origine	Statut de conservation ^(a)	Statut ^(b) de l'UICN
Ambassidae	<i>Ambassis fontoynti</i>	E		DD
Anabantidae	<i>Ctenopoma ansorgii</i>	I		
Anguillidae	<i>Anguilla bicolor</i>	N	S	nl
Anguillidae	<i>Anguilla marmorata</i>	N	S	nl
Anguillidae	<i>Anguilla mossambica</i>	NC	S	nl
Bedotiidae	<i>Bedotia madagascariensis</i>	E	T	NT
Clupeidae	<i>Sauvagella madagascariensis</i>	E		nl
Cichlidae	<i>Oreochromis macrochir</i>	I		
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	I		
Cichlidae	<i>Tilapia zillii</i>	I		
Cichlidae	<i>Tilapia rendalli</i>	I		
Cichlidae	<i>Paretroplus poliactis</i>	E		nl
Eloetridae	<i>Hypseleotris tohizanae</i>	E	U	nl
Eloetridae	<i>Ophiocara macrolepidota</i>	E	U	nl
Gobiidae	<i>Glossogobius giuris</i>	N	S	nl
Gobiidae	<i>Stenogobius polyzona</i>	N		nl
Kuhliidae	<i>Kuhlia sauvagii</i>	E		nl
Channidae	<i>Channa maculata</i> ^(c)	I		
Ophichthidae	<i>Caecula pterygera</i>	N		nl
Osphronemidae	<i>Osphronemus goramy</i>	I		
Poeceliidae	<i>Xiphophorus maculatus</i>	I		
Syngnathidae	<i>Microphis leiaspsi</i>	N		nl

^(a) Sparks et Stiassny (2003).

^(b) Liste rouge (2004) de l'Union mondiale pour la nature (UICN).

^(c) Mal identifié comme *O. striatus*.

Note : E = endémique, I = introduite, N = natif; S = en sécurité, T = menacé (*threatened*), NC = non connu, statut de l'UICN : nl = non listé, DD = données insuffisantes (*data deficient*), NT = quasi-menacé (*near threatened*).

Espèces endémiques et natives

L'ichtyofaune d'eau douce échantillonnée dans le secteur d'étude de Toamasina comptait sept espèces de poissons endémiques (tableau 4.3-1). Tel que noté dans la description du parc à résidus (volume E, section 4.3), deux de ces espèces (*Bedoti madagascariensis* et *Ambassis fontoynonti*) sont répertoriées dans la liste rouge (2004) de l'Union mondiale pour la nature (UICN) et pourraient nécessiter une attention particulière de protection durant les activités du projet.

Parmi les espèces endémiques supplémentaires qui ne sont pas présentes dans les cours d'eau de la zone du parc à résidus, mais qui le sont dans la rivière Ivondro plus importante et la zone côtière, il y avait *Paretroplus poliactis* et *Kuhlia sauvagii*. Plusieurs autres espèces endémiques sont vraisemblablement présentes dans le canal des Pangalanes et l'estuaire de la rivière Ivondro inférieure.

Sept espèces de poissons natives, dont trois (*Stenogobius polyzona*, *Caecula pterygera* et *Microphis leiaspsi*) qui ne sont pas présentes dans les cours d'eau de plus petite taille du secteur du parc à résidus, ont été trouvées dans le secteur de l'usine de traitement.

4.3.4 Portée des enjeux

4.3.4.1 Enjeux et questions clés

Les principaux enjeux afférents au biote aquatique et à l'environnement du secteur de l'usine de traitement sont les suivants:

- La perte ou perturbation des habitats aquatiques (habitats riverains et dans le cours d'eau) et dégradation de la qualité de l'eau (sédimentation) du cours d'eau suite aux activités ayant lieu dans le cours d'eau.
- La perte ou réduction des populations de poissons suite à la construction et à l'exploitation de l'usine de traitement et de l'infrastructure.
- Les changements de qualité de l'eau durant la construction et l'exploitation de l'usine de traitement et de l'infrastructure affectant la santé, l'abondance et la survie de poissons endémiques et de la faune aquatique dans les plans d'eau du secteur d'étude.
- Les effets du projet sur la capture des poissons / invertébrés (crustacées / mollusques) locaux.

Ces enjeux et impacts ont été traités cumulativement par la question clé suivante:

Question clé FA-1 Quel effet le projet aura-t-il sur les habitats aquatiques, l'abondance du biote aquatique et la capture locale de poissons ou de biote aquatique?

Des impacts sur les ressources aquatiques pourraient se produire durant la construction, l'exploitation et la fermeture de l'usine de traitement, tel qu'illustré dans le diagramme de liens (volume H, annexe 9).

4.3.4.2 Méthodologie d'évaluation

Le biote aquatique d'importance majeure comprend les poissons et les invertébrés qui forment une partie de l'écosystème aquatique du secteur de Toamasina. Par association, les habitats aquatiques dont ces organismes dépendent pour achever leur cycle de vie constituent aussi une partie cruciale de l'écosystème aquatique.

Les paramètres mesurables utilisés dans l'évaluation des poissons et des ressources aquatiques sont résumés dans le volume E, section 4.3, tableau 4.3-4 pour le secteur du parc à résidus et les mêmes paramètres s'appliquent à l'usine de traitement et au reste du secteur d'étude de Toamasina. La somme d'information disponible pour l'étude de référence, la littérature ou les spécialistes locaux n'ayant pas toujours permis de procéder à une évaluation quantifiable, des évaluations qualitatives fondées sur le jugement professionnel ont aussi été employées.

Les conclusions des études menées sur l'eau de surface, l'eau souterraine, la qualité de l'eau et la conception préliminaire des couloirs de l'usine et du couloir de service ont aussi été utilisées.

4.3.5 Question clé FA-1: Quel effet le projet aura-t-il sur les habitats aquatiques, l'abondance du biote aquatique et la capture locale de poissons ou de biote aquatique?

4.3.5.1 Liens d'impact

Les habitats aquatiques, l'abondance et la survie du biote aquatique (communautés de poissons et d'invertébrés) et l'utilisation des ressources locales peuvent être affectés par les activités menées dans le secteur d'étude lors de la construction, de l'exploitation et de la fermeture. Les changements peuvent toucher ce qui suit:

Modification des habitats

La présence, l'abondance et la survie des poissons et du biote aquatique sont directement liées à l'habitat. Un changement concernant la qualité de l'eau peut affecter directement la fonction du cycle de vie des poissons en aval de l'usine de traitement. Des perturbations des populations de poissons et d'invertébrés vont également se produire durant les franchissements des cours d'eau associés au couloir de service. Des impacts et une mortalité des poissons pourraient se produire suite à l'empiètement et à l'entraînement par la prise d'eau. Une perte et des perturbations des communautés de poissons et d'autres communautés aquatiques pourraient se produire durant la construction, l'exploitation et la fermeture de l'usine de traitement.

Qualité de l'eau de surface

Des changements de qualité de l'eau de surface (c.-à-d. matières en suspension, température et contaminants) pourraient se produire en conséquence directe du ruissellement des zones de défrichement du site, du débroussaillage riverain et de la gestion de l'eau de l'usine de traitement. La qualité de l'eau pourrait aussi être affectée par les activités menées dans le cours d'eau durant la construction des infrastructures (routes, conduites et prise d'eau) et par la qualité de l'air local. Ces changements pourraient affecter directement ou indirectement les poissons et le biote aquatique, ainsi que la productivité des habitats aquatiques.

Santé des poissons

Les changements de santé des poissons sont liés à l'habitat et peuvent découler de la construction ou de l'exploitation de l'usine de traitement et de l'infrastructure connexe. La santé des poissons peut être affectée par des contaminants (provenant de déversements, de déversements d'effluent et d'émissions atmosphériques), des changements de qualité de l'eau (matières solides entraînées, contaminants introduits) et de quantité d'eau (débits) et avoir des effets létaux, des effets graves mais non mortels ou des effets chroniques sur les poissons.

Changement concernant l'utilisation des ressources

L'utilisation du biote aquatique d'eau douce par les pêches artisanales (capture consistant principalement de poissons, crevettes, palourdes et escargots) peut être affectée par les activités du secteur de l'usine lors des phases de construction, d'exploitation et de fermeture. Des changements pourraient découler de la disponibilité des poissons ou d'autre biote, de la santé et ou de l'état des poissons, ainsi que du changement des espèces présentes.

4.3.5.2 Méthodologie d'évaluation

L'emplacement et l'énumération des cours d'eau susceptibles d'être affectés par le site de l'usine, les conduites et les routes d'accès ont été déterminés à partir d'images de Landsat et de données cartographiées. Les données sur les habitats, les espèces du biote aquatique et la communauté tel que déterminé dans l'étude de référence du parc à résidus et du pipeline de pulpe ont été identifiées et les impacts ont fait l'objet d'une discussion qualitative. Les changements prévus de qualité de l'eau (volume D, section 3.8) ont été examinés pour le secteur de l'usine de traitement et les cours d'eau le long des routes d'accès, des conduites et afférents au potentiel d'impacts sur le biote aquatique.

Le statut de conservation des espèces de poissons endémiques et natives a été vérifié dans des listes publiées récemment et dans la Liste rouge (2004) de l'UICN. La santé des poissons et de l'écosystème a été jugée par l'interprétation des données prévues sur la qualité et la quantité de l'eau (volume D, sections 3.6, 3.7 et 3.8).

L'utilisation pour la pêche artisanale de poissons/invertébrés a été déterminée à partir d'observations de référence et de communications dans le secteur d'étude, établie par le jugement professionnel à partir de la composition en espèces observée ou à partir de rapports publiés.

4.3.5.3 Critères d'évaluation

Les critères de description des impacts utilisés pour évaluer les poissons et les ressources aquatiques dans toutes les questions clés sont présentés au tableau 4.3-2.

Tableau 4.3-2 Critères de description des impacts sur les poissons et les ressources aquatiques

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence
positive, négative ou neutre pour les résultats aux points finaux de mesure	négligeable: effet non mesurable sur le résultat faible: variation < 10 % sur le résultat moyenne: 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 au-delà du secteur local d'étude pour se faire ressentir dans le secteur régional d'étude (SRE) supra-régionale: l'effet s'étend au-delà du SRE	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

4.3.5.4 Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation qui vont limiter les impacts comprennent les suivants:

Eléments de conception

- Mise en œuvre de lignes directrices relatives au franchissement des cours d'eau et de plans qui minimisent le travail effectué dans l'eau et les perturbations des habitats aquatiques / riverains et qui contrôlent les niveaux de sédiments aux niveaux prescrits afin de protéger les habitats et le biote aquatiques.
- Conception de la prise d'eau dans la rivière Ivondro afin de prévenir la collision ou l'entraînement des poissons.

Réhabilitation

- Dans le secteur entourant la fondation permanente de l'usine de traitement et tout au long du tracé du pipeline et des routes d'accès (zones perturbées), rétablissement de la végétation immédiatement après la phase de construction (tel qu'établi dans les plans de gestion environnementale).

4.3.5.5 Résultats

Altération des habitats

Secteur de perturbation de l'usine de traitement

Une grande partie de ce secteur a été perturbé antérieurement et mis à part les zones humides saisonnières occasionnelles, le site de l'usine ne va pas affecter les habitats aquatiques ou les communautés de poissons. Les eaux de ruissellement du site de l'usine seront gérées et ne seront pas rejetées jusqu'à ce qu'elles rencontrent les critères appropriés de qualité de l'eau (traités dans le volume D, section 3.8 Qualité de l'eau).

Couloirs de service et infrastructure

Les infrastructures (c.-à-d. les routes d'accès, la conduite d'élimination de l'eau de mer et la conduite d'approvisionnement en eau douce de l'usine de traitement) peuvent perturber la faune et les habitats riverains et aquatiques des cours d'eau du secteur d'étude en raison des activités de construction qui ont lieu dans les cours d'eau et du ruissellement (c.-à-d. sédiments provenant de l'érosion). La plupart des cours d'eau compris dans les couloirs de service présentent des habitats fortement modifiés et ils vont présenter une faible sensibilité aux perturbations mineures.

La conduite d'approvisionnement en eau douce de l'usine de traitement est dotée d'un bâtiment des pompes et la prise d'eau se trouve dans la rivière Ivondro. La construction du bâtiment des pompes et de la prise d'eau perturbera temporairement les habitats aquatiques riverains et du cours d'eau; le tracé de la conduite allant à l'usine de traitement traverse aussi un cours d'eau affluent.

La conduite de rejet de l'eau de mer de l'usine de traitement traverse un cours d'eau, le canal des Pangalanes et suit aussi en parallèle le chenal avant de se jeter dans l'océan Indien.

Les effets des activités de construction dans le cours d'eau durant le franchissement de ces cours d'eau seront principalement des perturbations à court terme. Des lignes directrices relatives au franchissement des cours d'eau seront suivies afin de prévenir ou d'atténuer les effets nuisibles sur les habitats aquatiques (traité dans le volume E, section 7, Plans de gestion environnementale) et aucun impact découlant des activités de construction liées aux couloirs de service n'est prévu. Toutefois, des perturbations locales permanentes et à long terme pourraient se produire suivant le type et la taille des franchissements routiers (ponceau, pont) utilisés pour les routes et ses effets sur l'hydrologie des cours d'eau et la morphologie des chenaux. Une perte permanente des habitats se produira également à l'empreinte de la structure de la prise d'eau de la rivière Ivondro; il est prévu que cette zone soit de petite taille.

Changements concernant la qualité de l'eau

Des changements concernant la qualité de l'eau affectant les habitats et le biote aquatiques du secteur de l'usine pourraient se produire suite au ruissellement, aux travaux effectués dans le cours d'eau, à l'érosion (sédimentation) lors du ruissellement des eaux de surface, des déversements de matières sur les lieux du site et du dépôt des émissions dans l'air.

La turbidité et la sédimentation accrues durant la construction sont les principaux changements concernant la qualité de l'eau qui pourraient affecter les écosystèmes aquatiques le long des conduites et du couloir de service de la route d'accès. Le respect des lignes directrices applicables sur la gestion environnementale durant la construction minimisera les effets potentiels et les impacts sur la qualité de l'eau découlant de cette activité seront faibles.

Abondance des poissons

L'ichtyofaune du secteur de l'usine de traitement compte sept espèces de poissons endémiques. Il est attendu qu'il y ait des espèces endémiques supplémentaires dans les eaux saumâtres qui n'ont pas été échantillonnées près

de la côte. On sait que des espèces telles que *Paretropulus polyactis* (une importante espèce endémique de cichlidés) peuplent le canal des Pangalanes (de Rham et Nourissat 2004).

Le secteur d'étude de l'usine de traitement et de Toamasina contient un faible nombre d'espèces de poissons endémiques par rapport aux 27 espèces endémiques décrites qui ont été répertoriées dans cette écorégion de Madagascar (Sparks et Stiassny 2005); toutefois, l'aire de distribution géographique de beaucoup d'espèces endémiques s'est rétrécie et s'est localisée en raison de la dégradation des habitats et de l'introduction des compétiteurs et des prédateurs (Ravelomanana 2004). Toutes les espèces rencontrées dans le secteur du projet ont déjà été répertoriées dans cette région de basses terres orientales (CAMP 2001).

Des populations combinées d'espèces endémiques et exotiques ont été observées dans la rivière Ivondro, au-dessus de la zone de la prise d'eau. Il est prévu que la composition des communautés de poissons empruntant l'affluent sans nom de la rivière Ivondro, traversé par la conduite d'approvisionnement en eau, présente une composition similaire à celles des bassins versants inférieurs du secteur du parc à résidus, lesquels sont dominés par des espèces exotiques et tolèrent en général des conditions perturbées. Des espèces endémiques et exotiques sont aussi signalées dans le canal des Pangalanes. Des perturbations des populations de poissons résidant dans ces lieux peuvent se produire suite à l'altération des habitats et à des changements de qualité de l'eau (sédimentation) durant la construction des franchissements de cours d'eau. Ces effets seront cependant atténués et temporaires et leurs impacts seront faibles. Des impacts à long terme sur les communautés de poissons vont se produire si des structures permanentes telles que des ponts ou des ponceaux sont installées comme franchissements de cours d'eau, mais il est prévu que l'intensité de l'impact soit faible à négligeable. Le faible risque de rupture de la conduite durant l'exploitation pourrait avoir un impact sur la qualité de l'eau et le biote; or, avec des procédures appropriées d'entretien et de gestion environnementale, il est prévu que le risque et par conséquent, l'intensité de l'impact soit faible.

Des impacts négatifs vont se produire sur les populations de poissons et d'invertébrés suite à l'exploitation de la prise d'eau de la rivière Ivondro. Grâce aux normes rigoureuses de conception et d'entretien suivies pour protéger et trier les poissons, l'impact sera faible.

Des modifications concernant la santé des poissons vont principalement se produire à l'échelle locale suite à l'effet d'entraînement accru des matières en suspension durant la construction, aux accidents et aux déversements, aux rejets

d'effluents et au dépôt des émissions atmosphériques dans les plans d'eau locaux. Des mesures d'atténuation adéquates vont limiter les impacts potentiels.

Pêches artisanales

Des modifications de l'abondance et de la santé des poissons pourraient se produire à l'échelle locale suite à l'effet d'entraînement accru des matières en suspension durant les activités de construction dans les cours d'eau, au bris de conduite ou aux déversements dans des plans d'eau, aux rejets d'effluents et au dépôt des émissions atmosphériques dans les plans d'eau locaux. Cela pourrait affecter la disponibilité des poissons ou d'autre biote aquatique pour les besoins des pêches artisanales locales. Des mesures d'atténuation et des plans de gestion environnementale rattachés aux apports solides, aux émissions atmosphériques, à l'écoulement de l'eau de surface et à l'eau seront établis pour protéger les poissons et les ressources aquatiques et réduire les impacts potentiels. Les impacts potentiels sont donc considérés comme étant faibles après l'application des mesures d'atténuation et une conséquence faible sur l'environnement.

Un changement d'espèces (c.-à-d. espèces plus tolérantes aux habitats perturbés) pourrait se produire en raison de la dégradation des habitats causée par des activités liées au projet. Si cela devait arriver, les impacts sur l'utilisation et la capture locales des poissons pourraient être neutres puisque beaucoup des poissons qui sont actuellement capturés sont exotiques (c.-à-d. *Tilapia sp.*).

4.3.5.6 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Les impacts résiduels de la perte d'habitats aquatiques et de poissons ou de biote aquatique suite à la construction, à l'exploitation et à la fermeture qui sont liés au projet Ambatovy sont résumés au tableau 4.3-3.

Le statut des habitats et du biote aquatiques du secteur de l'usine de traitement est moyennement bien compris, mais la somme de l'information de référence sur les habitats, les communautés et les ressources aquatiques est faible. Le niveau de confiance des prévisions d'impact est considéré comme étant moyen.

Tableau 4.3-3 Effets potentiels et impacts résiduels

Période du projet	Effets potentiels	Mesures d'atténuation	Impacts résiduels
construction	effets sur le débit en aval et la qualité de l'eau durant la construction effets sur les habitats aquatiques et riverains durant la construction du pipeline et de la route	gestion locale de l'eau lignes directrices et directives « sans perte nette »	perturbation des habitats de faible intensité et à court terme durant la construction de l'infrastructure perte de faible intensité et à long terme provenant de l'empreinte de certaines installations (ponts, ponceaux, prise d'eau)
exploitation	effets potentiels de la qualité de l'eau sur les poissons, le biote et les habitats aquatiques mortalité des poissons suite à la collision et à l'entraînement changement potentiel de la disponibilité du biote aquatique pour la pêche artisanale	gestion de l'eau systèmes de lutte contre l'érosion et contrôle du débit solide revégétalisation système de protection de la prise d'eau et de triage	modification de faible intensité et à moyen terme des cours d'eau et des communautés de poissons effet neutre sur la capture locale existante suite aux perturbations potentielles des habitats impact de faible intensité et à moyen terme provenant de l'entraînement de poissons
fermeture	changement dans les habitats / populations de poissons	ruissellement entier retourné aux zones avoisinantes	effets positifs de faible intensité et à long terme sur les habitats

Une classification générale des impacts résiduels est présentée au tableau 4.3-4. La classification globale en fonction des conséquences sur l'environnement se base sur le système d'évaluation décrit dans le volume A, section 7.

Tableau 4.3-4 Classification des impacts résiduels concernant les effets sur les poissons et les ressources aquatiques

Phase	Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Effet : Bâtiment des pompes et prise d'eau							
construction	négative	faible	locale	court terme	non	faible	négligeable
exploitation	négative	faible	locale	moyen terme	oui	moyenne	faible
Effet : Pêche artisanale							
construction	négative	faible	locale	court terme	non	faible	négligeable
exploitation	négative	faible	locale	moyen terme	non	moyenne	faible
Effet : Perturbations des habitats et des communautés de poissons (des franchissements des cours d'eau et du site de l'usine)							
construction	négative	faible	locale	court terme	oui	faible	négligeable
exploitation	négative	faible	locale	long terme	oui	faible	faible
Effet : Réhabilitation et restauration du site							
fermeture	positive	s/o	s/o	s/o	s/o	s/o	s/o

(a) Les effets durant l'exploitation sont assumés par l'aménagement d'aires protégées; les effets durant la fermeture découlant des activités de réhabilitation et les aires protégées.

s/o Les critères n'ont pas servi à classer les effets positifs.

Surveillance

Les systèmes conçus pour le contrôle du débit solide seront surveillés afin d'assurer la protection des ressources hydriques avoisinantes.

Le système de prise d'eau de la rivière Ivondro, conçu de façon à prévenir la collision des poissons, sera entretenu régulièrement afin d'en assurer l'efficacité.

4.3.6 Conclusions

Il est prévu que les conséquences sur l'environnement seront faibles ou négligeables concernant les habitats aquatiques locaux, ainsi que pour l'abondance et la survie des espèces de poissons endémiques, en raison des impacts résiduels de la construction et de l'exploitation de l'usine de traitement et de l'infrastructure.

Il est attendu que les conséquences sur la capture artisanale des poissons soient faibles ou négligeables.

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 de Toamasina (parc à résidus, usine de traitement et agrandissement du port). Les sites du projet dans la région de Toamasina sont à proximité les uns des autres et sont reliés par divers développements linéaires (volume C, section 2). Les analyses d'impact sur la flore, la faune et les ressources aquatiques peuvent être divisés selon les sites du projet. Cependant, il est préférable d'envisager l'analyse d'impact au niveau plus général tout le secteur d'étude de Toamasina. L'évaluation est cependant intrinsèquement liée aux composantes de la biodiversité : flore, faune et poissons. En conformité du mandat (volume H, annexe 1), des données spécifiques aux sites ont été recueillies pour aborder les éléments suivants des habitats naturels et de la biodiversité:

- décrire le niveau actuel de perturbation et de biodiversité de chaque type de communauté terrestre et aquatique naturelle dans le secteur de l'étude
- décrire la sensibilité de chaque type de communauté aux perturbations et sa capacité de rétablissement
- déterminer le statut (distribution et abondance) de chaque type de communauté
- décrire les caractéristiques du paysage du secteur d'étude telles la connectivité et la fragmentation de l'habitat
- discuter des mécanismes d'atténuation et de compensation à utiliser pour réduire/remplacer les pertes de 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'exploitation et de post-fermeture du projet sur les types de communautés naturelles et sur la biodiversité
- fournir des détails sur le 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 pour 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 se trouve au 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 de Toamasina est situé immédiatement au sud de Toamasina. Il comprend le parc à résidus et les zones aval de ses bassins versants, les terrains de l'usine de traitement, la conduite de la prise d'eau, le pipeline de l'exutoire et le pipeline de transport des résidus, plus une zone tampon de 500 m (volume A, section 7, figure 7.2-3).

4.4.3 Résumé de l'étude de référence

4.4.3.1 Indicateurs de biodiversité

Plus de la moitié des espèces de plantes et d'oiseaux identifiées dans le secteur d'étude de Toamasina sont endémiques à Madagascar (tableau 4.4-1). A l'exception d'une espèce d'amphibien, tous les reptiles et les amphibiens identifiés étaient endémiques à l'île et aucune n'était sur la liste de l'Union mondiale pour la nature (UICN). Quatre espèces de plantes et deux espèces d'oiseaux ont un statut UICN.

Comme dans le cas du secteur local d'étude du pipeline de pulpe, les points d'échantillonnage précis n'ont pas été consignés durant les inventaires de la végétation et, subséquemment, les paramètres d'écosystèmes des espèces de la flore n'ont pu être déterminées par habitats et classe d'occupation du sol (volume J, annexe 1.1). Parmi la distribution actuelle des habitats naturels et perturbés à l'intérieur du secteur d'étude de Toamasina, le nombre d'espèces

d'amphibiens et de reptiles était le plus élevé dans les marais (zones humides), les forêts arbustives, les zones de tavy et les forêts de *Melaleuca quinquenervia* à *Pteridium sp* (volume J, annexe 2.1). La richesse en espèces d'oiseaux était la plus élevée dans les habitats forestiers (agroforesterie, bosquets littoraux résiduels savane arbustive) (23 espèces), suivi par les zones humides naturelles (12 espèces) et les aires ouvertes (10 espèces).

Un total de 17 espèces de poissons a été relevé dans le secteur du parc à résidus (tableau 4.4-1). Cinq espèces sont endémiques à Madagascar, quatre sont indigènes (indigènes mais non endémiques) et huit sont exotiques. Tout comme dans les secteurs d'étude de la mine et du pipeline de pulpe, la perte d'habitat, de même que la compétition et la prédation par les espèces exotiques ont probablement contribué à la contraction et à la fragmentation de l'aire de distribution de la faune endémique et indigène de poissons (volume J, annexe 3.1).

Tableau 4.4-1 Richesse en espèces, endémisme et statut de conservation de la flore, des reptiles et amphibiens, des oiseaux et des poissons dans le secteur local d'étude de Toamasina

Classe	Richesse en espèces	Nombre d'espèces endémiques	Espèces UICN	Espèces CITES ^(a)
flore	268	185	4	1
amphibiens	9	8	0	1
reptiles	14	14	0	5
oiseaux	59	37	2	5
poissons	17	5	1	0

^(a) CITES = Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction.

4.4.3.2 Diversité du paysage

Présentement, le paysage du secteur local d'étude de Toamasina est perturbé à 96%. Les habitats naturels y consistent en zones humides et rivières, alors que les classes d'occupation du sol comprennent des îlots (« patches ») boisés et non boisés perturbés. Les résultats de l'analyse de la fragmentation de ces types d'occupation du sol sont présentés au tableau 4.4-2. Voici un résumé des résultats selon le potentiel de biodiversité.

- La superficie de zones humides, lesquelles ont un potentiel élevé de biodiversité (volume J, annexe 4.1, section 6.3.2), représente 2,5% du secteur local d'étude. Comparativement aux savanes arbustives et aux bosquets littoraux résiduels (qui ont également un potentiel élevé de

biodiversité), la connectivité est faible puisque la distance moyenne au voisin le plus proche (DMVPP) est de 128 m.

- Selon l'évaluation qualitative des paramètres d'écosystème des espèces de la faune (volume J, annexe 4.1, section 6.3.2), les agroforêts et les bosquets littoraux résiduels peuvent aussi avoir un potentiel élevé de biodiversité dans le secteur local d'étude. Ces habitats sont aussi sous-représentés dans le secteur local d'étude (superficie proportionnelle combinée = 9,4%).
- La savane arbustive représente la deuxième plus grande portion contiguë de paysage dans le secteur local d'étude. A cause de sa grande surface, la quantité de lisière associée à la savane arbustive est aussi relativement élevée comparativement aux autres types d'occupation du sol.
- Les classes de terres forestières (agroforêts perturbées et bosquets littoraux résiduels) représentent 11,4% de l'habitat terrestre dans le secteur local d'étude. Les lambeaux boisés sont fragmentés par des zones relativement étroites d'habitat non boisé et de zones humides.
- Le tavy constitue la plus grande superficie d'occupation du sol dans le secteur local d'étude (49%).
- Actuellement, les rizières, l'industrie et l'infrastructure urbaine sont associées au faible potentiel de biodiversité et constituent 14,1% de la superficie du secteur local d'étude.

Tableau 4.4-2 Données de fragmentation par classes d'occupation du sol dans le secteur local d'étude de Toamasina

Paramètres du paysage	Zones humides	Rivière	Tavy	Agroforêt	Savane arbustive	Bosquets littoraux résiduels	Rizière	Industrie	Infrastructur e urbaine
superficie totale (ha)	117	61	2278	268	1103	166	195	17	440
proportion de la superficie totale (%)	2,5	1.3	49,0	5,8	23,8	3,6	4,2	0,4	9,5
superficie moyenne des îlots (ha)	3	30	142	4	69	28	4	4	16
nombre d'îlots	43	2	16	66	16	6	54	4	27
distance moyenne au plus proche voisin (m)	128	10	59	130	12	54	156	1517	176
coefficient de variation de la distance au voisin le plus proche (%)	158	0	231	138	63	137	119	168	200
Lisière totale (km)	77	8	156	52	105	16	50	5	106

4.4.4 Evaluation des impacts

4.4.4.1 Portée des enjeux

Les enjeux suivants relatifs aux impacts 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):

- exploitation de l'usine, effets des émissions sur le paysage environnant
- développement induit durant les phases d'exploitation et de fermeture de l'usine
- changements dans les habitats naturels rares ou sensibles
- changements dans la diversité des espèces
- envasement et pollution des habitats côtiers dus aux rejets d'effluents durant l'exploitation
- envasement et pollution des habitats riverains naturels et des terres agricoles par les résidus miniers
- inquiétudes concernant les méthodes de disposition des résidus miniers
- réhabilitation des habitats naturels et de la biodiversité

Tout au long de l'EIE, des questions clés ont été employées pour élaborer des relations de cause à effet, ou diagramme de liens (volume A; section 7). Les diagrammes de liens illustrant les liens entre les activités du projet et leurs effets sur les habitats naturels et la biodiversité sont présentés au volume H, 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 les 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 ont le potentiel d'affecter directement les habitats naturels et la biodiversité, tels que mesurés par les paramètres d'écosystème et de paysage (volume D, section 4.4.3), sont évalués. Les effets potentiels de la siltation sur le milieu récepteur sont abordés au volume D, section 4.3 (Poissons et ressources aquatiques), au volume E (section 4.4) et au volume F (section 4.1), Ecologie marine. Les enjeux liés au développement induit durant l'exploitation et à la fermeture de l'usine de traitement sont évalués au volume D, section 5.3 (Occupation du sol). Les préoccupations et méthodes de gestion de la disposition des résidus miniers sont abordées au volume E, sections 3.9, 3.10 et 4.4.

Les effets indirects sur les composantes de la biodiversité telles que la flore, la faune, les poissons et les ressources aquatiques sont abordés aux volumes D et E, 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 paramètres, ou indicateurs, utilisés pour classer le potentiel de biodiversité des habitats dans le secteur local d'étude comprenaient les zones humides naturelles et habitats boisés et la richesse en espèces, l'endémisme des espèces et le statut de conservations des espèces (selon l'UICN et la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction [CITES]) pour les plantes, la faune et les poissons (volume D, section 4.4.3). Les impacts directs du projet sur l'habitat et les indicateurs de biodiversité seront évalués par l'entremise des changements dans la superficie, la composition et la configuration spatiale des habitats du paysage (c.-à-d., paramètres du paysage; volume D, section 4.4.3).

Evaluation des liens d'impacts potentiels

Les activités qui peuvent entraîner des changements aux habitats naturels et à la biodiversité comprennent la construction et l'opération du parc à résidus, l'exploitation de l'usine de traitement, de l'extension portuaire des pipelines et routes connexes et les activités de réhabilitation au moment de la fermeture. La description détaillée du projet est présentée dans les volumes D, E et F, sections 2.0. En bref, les installations principales du secteur de Toamasina qui auront une influence sur les habitats naturels et la biodiversité comprennent:

- L'usine de traitement comprenant : l'usine de lixiviation et les usines associées (centrale de production d'électricité et de vapeur, centrale de traitement des eaux, usine d'hydrogène, usine de sulfure d'hydrogène, usine d'acide sulfurique, usine de séparation d'air et usine de calcaire et de chaux). L'empreinte au sol totale de la zone perturbée est de 2,9 km².
- La conduite de la prise d'eau se dirigeant au sud de l'usine, ce qui créera un corridor additionnel de perturbation de 25 m de largeur et de 6,2 km de longueur. La station de pompage d'eau perturbera 0,01 km².
- La conduite de l'exutoire, qui longera l'usine en provenance du parc à résidus et se dirigera vers l'est jusqu'à la mer à partir du coin sud-est de l'usine. Elle aura une emprise de 25 m de largeur et de 2,4 km de longueur.

Tableau 4.4-3 Emplacement de l'information relative à l'analyse des impacts

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	Section de l'EIE sur la santé
Construction et exploitation							
défrichement du site et infrastructure	perte et fragmentation de la végétation, de la faune et de l'habitat aquatique	perte d'espèces de 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 aux mouvements 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 la qualité de l'air	changement à la qualité des tissus végétaux et animaux		O	O	O	O
	changement de l'hydrologie	changement aux habitats terrestres et aquatiques	O	O	O	O	
	changement de la qualité de l'eau	changement de la qualité des tissus végétaux et animaux		O	O	O	O
Exploitation et fermeture							
Réhabilitation	remplacement de l'habitat	changement au niveau de tous les impacts potentiels susmentionnés	O	O	O	O	

Note: O = Oui.

- La route d'accès direct et le pont enjambant le canal des Pangalanes partant du site de l'usine et se dirigeant vers le nord en direction de Toamasina.
- Embranchement ferroviaire près de la route entre l'usine et le port.
- A la fermeture, le site de l'usine sera démantelé de façon sélective selon les autres utilisations possibles de l'équipement. Tous les déchets seront enlevés du site à la fin du projet.
- Le parc à résidus couvre une superficie totale de 9,8 km² comprenant les bassins de résidus et les surfaces adjacentes perturbées par les structures des bermes et digues. Cette aire sera utilisée par étapes et l'impact maximum sera atteint après 27 ans d'utilisation.
- Le corridor reliant le parc à résidus et le site de l'usine suivra deux routes existantes : il suivra la route de crête de l'ouest vers l'est jusqu'à la Route Nationale (RN) 2; et il suivra également la RN2 vers le sud jusqu'au tracé prévu du pipeline de pulpe. La partie du tracé longeant la route de crête comprendra des corridors pour le pipeline de transport des résidus vers les bassins, la conduite d'eau rapportant l'eau de décharge au site de l'usine, une ligne de transport électrique de l'usine à la station du parc à résidus et une route de gravier.
- Les plans de réhabilitation prévoient le recouvrement des bassins de résidus avec de la terre végétale et des matières organiques et le rétablissement d'un couvert végétal physiquement stable, durable et résistant à l'érosion à long terme.
- L'extension portuaire destinée à l'importation de calcaire, de charbon et de soufre et de plus petites quantités de réactifs et à l'exportation de nickel et de cobalt en provenance de l'usine.

L'aménagement du projet entraînera la perte ou l'altération de 1606 ha d'habitat dans le secteur local d'étude (y compris les zones tampons connexes). D'importance particulière est l'existence, dans le secteur d'étude, d'habitats de zones humides naturelles abritant des amphibiens, reptiles, oiseaux et poissons. Les habitats affectés par les humains et possédant une structure végétale (habitats d'arbres/arbustes), tels les agroforêts (terres boisées, plantations), les savanes arbustives et les bosquets littoraux résiduels, constituent probablement aussi des écotypes fonctionnels pour certains insectes, reptiles, oiseaux et mammifères. Plusieurs espèces sont également endémiques et/ou ont un statut spécial de conservation (volume D, section 4.4.3).

L'enlèvement et l'altération de l'habitat durant la construction et l'exploitation entraînent aussi la fragmentation (ou le morcellement) des écotypes du paysage. La quantité d'habitats de zones humides et d'habitats d'arbres/arbustes sera affectée par les changements dans la taille moyenne et le nombre d'îlots, rendant valide ce lien d'impact (tableau 4.4-4). Cependant, les effets de connectivité et

de lisière n'affectent pas la quantité d'habitats rares ou endémiques. Par conséquent, ces liens d'impact ne sont pas valides.

La réhabilitation durant l'exploitation et lors de la fermeture est souvent la première étape dans le rétablissement d'un écosystème naturel. La réhabilitation réussie lors de la fermeture pourrait renverser certains des effets du projet sur les habitats naturels 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'impacts potentiels du projet					
	Superficie de l'habitat	Taille moyenne des îlots	Nombre d'îlots	Connectivité de l'habitat	Effets de lisière	Réhabilitation
zones humides naturelles et habitats boisés	O	O	O	N	N	O
richesse en espèces	O	O	O	O	O	O
endémisme des espèces	O	O	O	O	O	O
statut de conservation des espèces	O	O	O	O	O	O

Note: O = Oui.

N = Non.

Méthodes d'évaluation

Les données de référence 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 écotypes à l'intérieur du secteur local d'étude (volume D, 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. L'analyse de la fragmentation du secteur local d'étude selon les conditions de référence a été complétée afin de quantifier la superficie, la composition et la configuration spatiale actuelles des habitats (volume D, section 4.4.3).

Comme dans l'évaluation effectuée pour le site de la mine (volume B, section 4.4.4.2), les impacts directs du projet sur l'habitat et les indicateurs de biodiversité ont été évalués par le biais de changements de la superficie, de la composition et de la configuration spatiale des habitats du paysage. Pour estimer les changements concernant les paramètres du paysage associés au projet, l'analyse de la fragmentation a été effectuée sur le secteur local d'étude après la superposition de l'empreinte au sol du projet sur le paysage (scénario projet réalisé). L'empreinte au sol comprenait le parc à résidus, l'usine de traitement, l'expansion du port, les voies d'accès, l'embranchement ferroviaire et les

corridors de pipeline. Les routes d'accès, la conduite de prise d'eau et le pipeline de résidus et l'embranchement ferroviaire ont une zone tampon de 25 m. Le pipeline de pulpe a une zone tampon de 40 m dans le secteur local d'étude de Toamasina.

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 projet réalisé et ceux des conditions de référence selon l'équation suivante:

$$\frac{(\text{indicateur du scénario projet réalisé} - \text{indicateur aux conditions de référence})}{\text{indicateur aux conditions de référence}}$$

La valeur calculée a ensuite été multipliée par 100 pour donner le pourcentage de changement du paramètre de paysage imputable au projet par rapport aux conditions de référence et fournir tout à la fois l'orientation et l'intensité de l'impact. Les changements aux paramètres de paysage ont alors été utilisés avec les critères d'évaluation (voir ci-dessous) pour prévoir les impacts du projet sur le potentiel de biodiversité parmi les habitats et dans le secteur local d'étude. Les impacts sur les habitats associés aux activités humaines d'occupation du sol (potentiel de biodiversité négligeable) n'ont pas été évalués (voir volume D, section 5.3 [Utilisation du sol]).

Les impacts ont été évalués pour la période de construction et d'exploitation et pour la phase de fermeture. On suppose que les impacts maximums se produiront durant la période de construction et d'exploitation, particulièrement durant la construction alors que la perte directe et l'altération des habitats seront les plus fortes.

Critères d'évaluation

Les impacts résiduels furent déterminés à partir d'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). 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 de la conséquence globale 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 pour 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 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 fois moyenne: se produit par intermittente 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 d'étude de Toamasina. De plus amples détails sur ces mesures d'atténuation sont fournis dans les autres sections pertinentes des volumes D, E et F, y compris les sections 4.1, 4.2 et 4.3.

Les mesures d'atténuation appliquées durant la construction et l'exploitation comprennent:

- l'empreinte au sol de tous les sites, représentant la plus petite taille possible pour satisfaire aux besoins du projet
- procéder à la translocation/collecte de toute espèce clé, endémique, rare de flore et de faune avant le défrichement du site
- minimiser la perturbation des rives et du milieu aquatique durant la construction de la prise d'eau de la rivière Ivondro et de la conduite d'eau
- prévoir des caractéristiques de conception de précaution pour la digue du parc à résidus afin de réduire le risque d'ouverture des digues; planification de mesures d'urgence pour atténuer les effets en cas de défaillance

- réaliser par étapes le défrichement de la zone du parc à résidus; conserver des zones tampons le long des cours d'eau le plus longtemps possible afin d'aider à maintenir la qualité de l'eau du site

Les mesures d'atténuation appliquées lors de la fermeture comprennent:

- établir un plan de gestion des eaux et de surveillance du parc à résidus à la fermeture
- élaborer, en collaboration avec les parties prenantes locales et les planificateurs régionaux, un plan de réhabilitation et de revégétalisation du parc à résidus prévoyant la végétation appropriée
- concevoir et mettre en œuvre un programme révisé de revégétalisation du parc à résidus en cas de lacunes

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

Les relations empiriques et théoriques entre la perte d'habitat et les effets négatifs sur la biodiversité sont bien documentées. Toutefois, la plupart des études ont été effectuées dans des environnements non tropicaux. Ceci est discuté au volume B, Section 4.4.

L'analyse indique que le potentiel de biodiversité dans le secteur local d'étude sera vraisemblablement affecté par la perte d'habitat et par la fragmentation des zones humides naturelles. Les études de référence ont montré que, les zones humides situées dans le secteur du parc à résidus et de l'usine et dans la zone intermédiaire, bien qu'elles n'occupent que 2,5% du secteur local d'étude, possèdent le plus grand nombre d'espèces d'amphibiens et de reptiles (14 des 15 espèces sont endémiques) et la deuxième plus grande richesse en espèces d'oiseaux de ce secteur (volume D, section 4.4.3). Dix-sept espèces de poissons (dont cinq endémiques) ont aussi été détectées dans les habitats aquatiques du secteur du parc à résidus. Bien que les espèces florales n'aient pas été identifiées par habitat, il apparaît que les zones humides dans l'ensemble du secteur local d'étude seraient un habitat tout à fait convenable à plusieurs des 268 espèces de plantes relevées dans le secteur local d'étude.

La superposition du projet (scénario après projet) a donné lieu à une diminution de 27% de la superficie de l'habitat des zones humides naturelles (tableau 4.4-6) ce qui aura probablement un impact négatif sur les populations d'amphibiens, de

reptiles, d'oiseaux et de poissons. Cependant, le manque de connaissance quant à la taille des populations actuelles de flore, de faune et de poissons dans les îlots de zones humides du paysage et quant aux variables démographiques les concernant (c.-à-d., survie, recrutement et distance de dispersion effective), est à l'origine des incertitudes dans la prévision de l'intensité de l'impact sur les indicateurs de biodiversité.

La superficie moyenne des îlots de zones humides a diminué de 30% (de 3 à 2 ha), avec diminution correspondante du nombre et de la dispersion spatiale des îlots (c.-à-d. le coefficient de variation de la distance au plus proche voisin [CVDPPV] a augmenté de 20%, indiquant une diminution de la connectivité à l'échelle du paysage). La diminution des îlots peut avoir des effets négatifs semblables à ceux associés à la perte d'habitat.

Les changements dans la dynamique des populations et des communautés peuvent entraîner une perte d'espèces végétales et animales. Cependant, l'augmentation de l'agrégation spatiale des zones humides dans certains secteurs du paysage a été associée à une augmentation de la connectivité entre les îlots dans un secteur localisé (c.-à-d. diminution de la DPPV de 128 à 101 m). De plus, l'habitat de lisière des zones humides total a diminué de 27% par rapport aux conditions de référence. Ces deux changements au niveau du paysage peuvent être considérés comme positifs pour les espèces habitant les zones humides (Fahrig 2003).

Les impacts du projet sur le potentiel de biodiversité proviendront également de la perte et de la fragmentation des habitats boisés (agroforêts et bosquets littoraux résiduels) et des savanes arbustives, mais à un degré moindre que pour les zones humides. Les zones d'agroforesterie se trouvent surtout dans le secteur du parc à résidus et dans les environs alors que les bosquets littoraux résiduels généralement dégradés occupent surtout le site de l'usine. Ces deux habitats contiennent un grand nombre d'espèces d'oiseaux et un grand nombre de reptiles et amphibiens (volume D, section 4.4.3). La superposition de l'empreinte au sol a entraîné une réduction de 15% à 21% des habitats d'arbres et arbustes (tableau 4.4-6) ce qui peut avoir une influence négative sur l'état présent des communautés de plantes, de reptiles, d'amphibiens et d'oiseaux.

Tableau 4.4-6 Changement (%) dans les paramètres du paysage par suite de l'aménagement complet de l'infrastructure du projet par rapport aux conditions de référence pour les habitats naturels et les superficies d'occupation du sol dans le secteur local d'étude

Paramètre du paysage	Zones humides ^(a)	Rivière Ivondro	Tavy ^(b)	Agroforesterie ^(b)	Savane arbustive ^(c)	Bosquets littoraux résiduels ^(c)	Rizières ^(a)	Industries ^(c)	Infrastructure urbaine existante ^(d)
superficie totale	-27,4	0,0	-52,2	-15,3	-20,8	-17,5	-28,2	9441	-6,8
superficie moyenne des îlots	-29,6	0,0	-81,0	50,0	-73,9	-50,0	5,6	10 050	-43,8
nombre d'îlots	7,0	0,0	150	-40,9	200	67,7	-33,3	0,0	77,8
distance moyenne au plus proche voisin I(DMPPV)	-21,1	0,0	-67,8	-19,2	20	-74,1	69,2	-98,8	-38,1
coefficient de variation de la distance au plus proche voisin (CVDPPV)	19,6	0,0	-51,9	3,6	-25,4	-51,1	93,3	-28,6	67,5
lisière totale	-27,3	0,0	-25,0	-34,6	1,9	6,3	-28,0	50,0	-24,5

Note : Valeurs calculées selon la formule: (scénario après projet – scénario de référence) /scénario de référence x 100%.

(a) Bien représentés dans les secteurs du parc à résidus et de l'usine.

(b) Surtout dans le secteur du parc à résidus.

(c) Surtout dans le secteur de l'usine.

(d) Calcul basé sur la région comprise dans l'empreinte au sol du projet; retrouvée surtout dans le secteur du port.

L'analyse de la fragmentation des habitats boisés et non boisés dans l'ensemble du secteur local d'étude a indiqué que la superficie moyenne des îlots d'habitats boisés a augmenté de 17%, alors que leur nombre et la distance entre îlots a diminué d'environ 31%. Plus spécifiquement, la superficie moyenne des îlots de plantations et de terres boisées a augmenté de 50% (de 4 à 6 ha) alors que la distance au plus proche voisin et la lisière totale ont diminué de 19% (de 130 à 105 m) et 35%, respectivement. La superficie moyenne des îlots de savane arbustive a diminué de 74% (de 69 à 18 ha) et celle des îlots de bosquets littoraux résiduels de 50% (de 28 à 14 ha). Les îlots de savane arbustive et de bosquets littoraux résiduels sont devenus moins spatialement agrégés dans le paysage (c.-à-d. le CVDPPV a diminué de 25% et 51%). En appliquant le projet, la distance moyenne au plus proche voisin a augmenté de 12 m à 15 m pour la savane arbustive et a diminué de 54 m à 14 m pour les bosquets littoraux résiduels. Il y a une augmentation marginale de la lisière totale pour ces deux habitats (tableau 4.4-6) ce qui devrait entraîner des changements négligeables dans les effets de lisière actuels.

L'augmentation de la taille moyenne des îlots et de la connectivité des plantations et des terres boisées, surtout dans le secteur du parc à résidus, peuvent être bénéfiques pour certaines plantes et oiseaux de la forêt, mais n'auront probablement aucune influence sur les reptiles et amphibiens. Par exemple, Vallan (2003) signale que la structure ouverte et relativement homogène des plantations de *Pinus* et d'*Eucalytus* génère de grandes fluctuations de température et d'humidité qui conviennent mal à la plupart des amphibiens et reptiles. Par ailleurs, la diminution de la taille moyenne des îlots de bosquets littoraux résiduels et de savane arbustive dans le secteur de l'usine aura probablement un effet négatif sur les plantes, les oiseaux et les reptiles et amphibiens. Par exemple, certaines espèces d'amphibiens de la famille des *Mycrohylidae* n'ont été détectées à Madagascar que dans des lambeaux forestiers de 30 à 40 ha (Vallan 2003). Cependant, si l'eau est disponible dans des lambeaux forestiers, les amphibiens peuvent alors supporter, mieux que les reptiles, les oiseaux et les petits mammifères, les réductions de la taille des îlots (Vallan 2003).

Il est à prévoir que des changements dans la distance moyenne au plus proche voisin des îlots de bosquets littoraux résiduels et de savane arbustive sur le site de l'usine et dans ses environs auront des effets négatifs négligeables sur les mouvements des oiseaux, des reptiles et des amphibiens entre îlots. Cependant, compte tenu du manque de données concernant la distance de dispersion effective propre à chaque espèce, le degré de confiance de cette prévision est faible.

Il y a aussi une diminution des superficies des zones fortement perturbées à potentiel de biodiversité négligeable telles les zones de tavy, de rizières et d'infrastructure urbaine (tableau 4.4-6). Le projet a entraîné une augmentation de plus de 9 000% (quatre-vingt-dix fois) de la zone industrielle dans le secteur local d'étude de Toamasina. Le projet n'a aucune influence sur la superficie ou la configuration de la rivière Ivondro. Ainsi, les changements au potentiel de biodiversité du paysage attribuables au projet pour ces habitats et secteurs d'occupation du sol devraient être négligeables.

Impacts résiduels

Malgré les mesures d'atténuation, les activités liées aux installations de l'usine et du parc à résidus entraîneront des changements négatifs sur les habitats naturels et la biodiversité. Même si les études de référence ont déterminé que le secteur local d'étude de Toamasina est présentement perturbé à 96%, quatre types d'habitats résiduels ont été identifiés comme ayant un potentiel de biodiversité de moyen à élevé. Ces types d'habitat comprennent les zones humides dans tout le secteur local d'étude, l'agroforesterie, surtout dans le secteur du parc à résidus, les bosquets littoraux résiduels et la savane arbustive sur le site de l'usine.

L'analyse des paramètres du paysage indique que la fraction d'habitat convenable devant être perdue à cause de l'empreinte au sol du projet est de 27,4% (32 ha) pour les zones humides naturelles, de 20,8% (229 ha) pour la savane arbustive, de 17,5% (29 ha) pour les bosquets littoraux résiduels et de 15,3% (41 ha) pour les agroforêts. La taille moyenne des îlots de zones humides, de savane arbustive et de bosquets littoraux résiduels a diminué de 30% à 74%, alors que la taille moyenne des îlots d'agroforêts a augmenté de 50% (tableau 4.4-6). Les changements à la connectivité des îlots peuvent bénéficier aux espèces habitant les zones humides dans certains secteurs du paysage, mais auront probablement une influence négligeable sur les espèces vivant dans les habitats boisés. Au vu des changements négatifs à la superficie des habitats, à la taille moyenne des îlots et aux critères d'évaluation, et tout en reconnaissant que les habitats du secteur local d'étude sont perturbés, l'intensité de l'impact du projet sur les habitats naturels et la biodiversité, tant dans le parc à résidus que sur le site de l'usine, devrait être moyenne durant la construction et l'exploitation (tableau 4.4-7).

La portée géographique des impacts directs du projet devrait être locale. Les impacts de la construction et de l'exploitation auront une durée longue (ou à long terme) et une fréquence moyenne (l'aménagement du parc à résidus se fera par étapes). Les effets du projet sur la perte d'habitat, la taille des îlots, la connectivité et la biodiversité se prolongeront au cours de la période de fermeture

et seront probablement irréversibles pour les zones humides naturelles et réversibles pour les autres habitats.

A la fermeture, la réhabilitation du parc à résidus devrait renverser quelque peu les impacts qui demeureront toutefois probablement d'intensité moyenne. On ne sait pas avec certitude si la revégétalisation fournira des habitats de structure et de composition semblables aux habitats existants et des habitats convenables à certaines espèces endémiques de plantes, d'amphibiens, de reptiles et d'oiseaux. La réhabilitation se fera périodiquement (fréquence moyenne) et l'établissement d'un habitat convenable devrait se faire d'ici 30 ans (durée moyenne). Les effets des activités de fermeture devraient se limiter au secteur local d'étude, mais, ici encore, tout dépend de la portée géographique de la dynamique de la métapopulation des zones humides. Tel que mentionné précédemment, l'usine serait fermée progressivement selon les autres utilisations possibles du matériel. Le site conservera probablement sa vocation industrielle.

En tenant compte de tous les critères, le niveau de conséquences sur l'environnement des impacts directs du projet sur les habitats naturels et la biodiversité devrait être moyen durant la construction et l'exploitation de l'usine et l'opération du parc à résidus. A la fermeture, les conséquences sur l'environnement deviendraient de niveau faible dans le parc à résidus, mais demeureraient moyennes au site de l'usine (tableau 4.4-7).

Tableau 4.4-7 Classification des impacts résiduels pour les habitats naturels et la biodiversité

Période du projet	Orientati on	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquences sur l'environnement
Quel impact le Projet Ambatovy aura-t-il sur les habitats naturels et la biodiversité ?							
construction/ exploitation	négative	moyenne	locale	à long terme	irréversible	moyenne	moyenne
fermeture	négative	moyenne	locale	à moyen terme	réversible	moyenne	faible/moyenne

Niveau de confiance des prévisions

Il y a trois éléments d'incertitude associés à la prévision des impacts (voir volume B, section 4.4.4 pour une discussion complète sur les niveaux de confiance des prévisions). Dans la présente section, ces éléments sont identifiés dans le contexte de leurs relations aux composantes du projet relatives à Toamasina, compte tenu des données et de la connaissance actuelle du système. Ici, la confiance dans les prévisions d'impact dépend de ce qui suit:

- l'adéquation des données de référence utilisées pour comprendre les conditions actuelles
- la compréhension des impacts liés au projet sur l'écosystème
- aux connaissances quant à l'efficacité des mesures d'atténuation.

Même dans ce secteur considérablement perturbé, courbes cumulatives du nombre d'espèces indiquent que l'effort d'échantillonnage durant les études de référence était insuffisant et n'a pas permis de fournir des estimations asymptotiques de la richesse en espèces. Tel que mentionné dans d'autres volumes de l'EIE, 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). Ainsi, le nombre d'espèces susceptibles d'être affectées est incertain. De plus, les connaissances de base au sujet de la biologie des espèces (par exemple, les taux de croissance des populations, l'abondance et les mécanismes de dispersion) sont limitées dans cette région. Par conséquent, à l'échelle locale, les effets de la perte d'habitat sur les espèces individuelles ne peuvent être prévus avec certitude. Cependant, il doit être souligné que les impacts ont une portée locale et se produisent au sein d'une vaste matrice d'habitats semblables; pour cette raison, le niveau de confiance des prévisions des niveaux d'impacts à l'échelle régionale est qualifié de moyen à élevé.

La revégétalisation du parc à résidus s'appuie sur l'élaboration d'un processus adéquat de revégétalisation par essais de diverses espèces. Des événements stochastiques (par ex.: un feu, une sécheresse extrême ou des cyclones) et les pratiques futures d'occupation du sol par les humains (par ex.: plantations, agriculture) pourront réduire le potentiel de biodiversité futur du secteur, lequel est déjà perturbé.

Surveillance

Un programme de surveillance ciblé sera mis en œuvre principalement durant la phase de construction du projet et sera semblable aux programmes définis aux volumes D et E pour la faune et la flore. L'objectif global de la surveillance est de tester l'efficacité des mesures d'atténuation et de détecter les effets imprévus.

La surveillance des changements dans les processus et fonctions de l'écosystème mettra l'accent sur les variables abiotiques telles la qualité de l'eau, l'hydrologie et la qualité de l'air (poussières et émissions atmosphériques). Des placettes d'échantillonnage permanentes seront établies dans les zones et habitats à être réhabilités à diverses distances de l'empreinte au sol du projet pour surveiller des espèces sélectionnées de flore et de faune.

4.4.5 Conclusions

Les changements à la superficie, la composition et la configuration spatiale des habitats ont été utilisés pour évaluer les impacts directs du projet sur les habitats et la biodiversité dans l'ensemble du secteur local d'étude de Toamasina. L'analyse a indiqué qu'il ne devrait y avoir aucun impact résiduel sur la rivière Ivondro après l'application des mesures d'atténuation et des effets négligeables sur les espèces habitant la matrice de tavy dans le secteur du parc à résidus et les rizières dans tout le secteur local d'étude. Les impacts les plus élevés résulteront de la perturbation: des zones humides résiduelles (déjà perturbées) de l'ensemble du secteur local d'étude, et des habitats de la savane arbustive et des bosquets littoraux résiduels existant actuellement dans le secteur de l'usine. Les impacts résiduels durant la construction et l'exploitation devraient être de forte intensité, avoir une portée géographique locale et être de longue durée. A la fermeture, la réhabilitation du parc à résidus devrait renverser les impacts résiduels (excluant la perte de zones humides) pour atteindre une intensité moyenne. La portée des effets sera locale et leur durée moyenne. Dans l'ensemble, les conséquences sur l'environnement du projet concernant les habitats et la biodiversité devraient être de niveau moyen durant la construction et l'exploitation, tant pour le site de l'usine que pour le parc à résidus; alors que durant la phase de fermeture, et, ils devraient être de niveau faible pour le secteur du parc à résidus et moyen pour celui de l'usine.

Il existe une forte probabilité que le projet aura un impact négatif sur les habitats naturels résiduels dans le secteur d'étude et leur biodiversité. Cependant, le degré de l'impact sur l'écosystème est incertain. Les écosystèmes tropicaux sont, de façon inhérente, complexes. Ils contiennent une multitude d'interactions au niveau des populations et des communautés, sur lesquelles peu de données empiriques sont disponibles. Bien que les données de référence fournissent de bonnes estimations de la richesse en espèces, de l'endémisme et du statut de conservation des espèces au sein des habitats naturels et moyennement perturbés dans le secteur d'étude, l'information de base sur la biologie des espèces fait défaut. Par conséquent, il existe un haut degré d'incertitude quant à la prévision des effets des changements de la disponibilité et de la fragmentation des habitats induits par le projet sur la stabilité et la résilience de l'écosystème. Cependant, les effets prévus seront peu importants à l'échelle régionale, étant entendu que les habitats aux sites de l'usine et du parc à résidus font partie d'une matrice d'habitats semblables qui ne seront pas affectés par le projet.

Le programme de surveillance mis en œuvre pour la faune et la flore aura également pour but de tester l'efficacité des mesures d'atténuation et de détecter les effets imprévus sur la biodiversité. Au besoin, les mesures d'atténuation seront adaptées. Bien que le secteur soit déjà en grande partie perturbé, des efforts seront faits lors de la réalisation du projet en vue de minimiser les impacts sur la biodiversité dans les secteurs déjà dégradés et ce, en accord avec les lignes directrices révisées de la Société financière internationale (SFI) relatives aux EIE.

4.5 AIRES PROTEGEES

4.5.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets de l'usine de traitement (« l'usine ») et des autres aménagements du projet dans la région de Toamasina sur les aires protégées existantes et proposées. Conformément aux Termes de référence du projet Ambatovy, les impacts potentiels de ces aménagements 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

Cette section aborde les effets de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire. Pour les aires protégées, deux secteurs d'étude sont concernés : un secteur local d'étude qui englobe la zone susceptible d'être touchée directement par tous ces éléments du projet autour de Toamasina et un secteur régional d'étude qui comprend la zone sujette aux effets indirects des populations qui viennent s'installer dans la région pour travailler à l'usine, au parc à résidus ou à l'extension portuaire.

Le secteur local d'étude de Toamasina pour les aires protégées est le même que le secteur local d'étude terrestre présenté au volume A, figure 7.2-3. Il comprend les zones de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire et les corridors linéaires raccordant ces zones, plus une zone tampon de 500 m autour de ces zones dans toutes les directions. Le secteur régional d'étude comprend toutes les zones à moins de 100 km de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire.

4.5.3 Résumé de l'étude de référence

Aucune aire protégée proposée ou existante ne se trouve dans le secteur local d'étude de Toamasina. Dans le secteur régional d'étude, les aires protégées proposées et existantes sont :

- le Parc national et la Réserve naturelle de Zahamena
- la Réserve naturelle de Betampona
- la Réserve spéciale de Mangerivola
- la zone de conservation proposée du corridor forestier Mantadia-Zahamena

Les détails concernant ces aires et zones sont présentés au volume J, section 6.1.

La Province de Toamasina et un groupe d'exploitants d'entreprises touristiques de la région travaillent à augmenter la capacité touristique, et notamment l'écotourisme (PTE/EDENA 2004). En général, le tourisme à Madagascar, y compris le tourisme dans les aires protégées, a connu une forte croissance entre 1992 et 2002, et de nouveau depuis 2002, malgré une baisse en 2002 pour des raisons politiques (PTE/EDENA 2004; Site web Madagascar-Contacts. 2004).

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 d'emplacement et de tracé les plus appropriées, soit en appliquant des mesures d'atténuation efficaces.

La question clé pour les aires protégées est la suivante:

Question clé PR-1	Quels effets, directs et indirects, l'usine de traitement, le parc à résidus et l'extension portuaire auront-ils sur les aires protégées ?
--------------------------	---

4.5.5 Evaluation des impacts

Les empreintes au sol de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire n'empiètent sur aucune aire protégée existante ou proposée.

L'aménagement de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire entraînera une augmentation de la population de la région. Il pourrait en résulter des menaces supplémentaires sur les aires protégées, y compris l'occupation accrue du sol associée au développement induit et l'accroissement du tourisme. Ces effets peuvent être positifs ou négatifs.

4.5.5.1 Méthodes d'évaluation

L'évaluation des effets sur les aires protégées est basée sur l'information relative aux impacts socioéconomiques qui aide à déterminer les effets démographiques indirects sur les aires protégées dans le secteur régional d'étude.

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 sur 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

Les empreintes au sol de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire ont été placées à l'extérieur des aires protégées existantes et proposées.

Le promoteur fournira l'éducation et l'information aux travailleurs locaux et étrangers au sujet de l'importance des aires protégées et du patrimoine naturel de Madagascar. Le programme d'éducation sera conçu au profit des travailleurs et dans le but de minimiser les effets indirects négatifs possibles du projet et d'en favoriser les effets indirects positifs, tels l'augmentation de l'écotourisme dans les aires protégées du secteur régional d'étude.

4.5.5.4 Résultats

La population de la région de Toamasina devrait augmenter, de par les retombées économiques directes et indirectes de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire.

Le Parc national et la Réserve naturelle de Zahamena, la Réserve naturelle de Betampona, la Réserve spéciale de Mangerivola, la zone de conservation proposée du corridor de Mantadia-Zahamena et d'autres aires protégées d'importance nationale partout dans Madagascar devraient bénéficier des retombées positives de l'accroissement du tourisme résultant de l'augmentation de la population et des revenus à Toamasina. Dans le contexte d'un pays où le tourisme est de plus en plus important, chacune de ces aires protégées a la capacité de contribuer à augmenter le tourisme, tel que décrit au volume J, annexe 6.1.

4.5.5.5 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Les impacts résiduels sur les aires protégées par suite de 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	Effets sociaux indirects d'un accroissement de la population locale	Education des populations de travailleurs	Impacts positifs régionaux faibles sur le tourisme
exploitation	Effets sociaux indirects d'un accroissement de la population locale	Education des populations de travailleurs	Impacts positifs régionaux faibles sur le tourisme

Les effets indirects de la migration de populations vers Toamasina et les zones voisines de l'usine sont difficiles à prévoir mais sont estimés de façon conservatrice comme étant faibles et positifs. Ces effets seront à moyen terme, seront de fréquence moyenne et seront réversibles.

À la fermeture, avec la fin de l'apport économique de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire, les impacts sur les aires protégées deviendront négligeables.

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 : impacts indirects des changements sociaux / démographiques (tourisme)							
exploitation	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 élevé. Le potentiel d'impacts négatifs sur les aires protégées est très faible et les répercussions positives du projet Ambatovy sur le tourisme ont été estimées de façon conservatrice.

Aucune surveillance des aires protégées n'est requise.

4.5.6 Conclusions

Des conséquences positives sur l'environnement de niveau faible sur les aires protégées se produiront à cause du potentiel touristique accru généré par les effectifs de travailleurs de l'usine, du parc à résidus et de l'extension portuaire de Toamasina. Cet impact surviendra tant durant la construction que durant la phase d'exploitation et prendra fin à la fermeture.

5.1 ASPECTS SOCIOECONOMIQUES

5.1.1 Introduction et secteur d'étude

Les évaluations socio-économiques relatives à l'usine, au parc à résidus miniers et à l'extension portuaire sont traitées ensemble dans cette section en raison des liens qui existent entre elles. Les installations du parc à résidus et de l'usine de traitement produiront des effets sur le milieu situé à proximité immédiate de leur emplacement. De plus, compte tenu de l'envergure de la construction et de l'exploitation prévues, le parc à résidus et l'usine de traitement auront également un impact sur la ville de Toamasina, à l'instar de l'extension portuaire. Ainsi, le secteur local d'étude englobe également la ville de Toamasina. Les effets du parc à résidus et de l'usine de traitement seront localisés principalement dans les deux communes de Toamasina II et Fanandrana, plus spécifiquement dans les fokontany de ces deux communes situées dans le voisinage immédiat du parc à résidus et de l'usine de traitement. Les installations de l'usine de traitement et du parc à résidus nécessiteront la réinstallation de quelque 167 familles (voir plan de réinstallation).

Toamasina II est une commune suburbaine, toutefois, le fokontany situé dans le secteur du parc à résidus et de l'usine présente de nombreuses caractéristiques d'une zone rurale. Le parc à résidus et l'usine ont le potentiel de transformer la vie rurale de multiples façons, dont la plupart sont associées à une urbanisation induite prévue et probablement inévitable. Cette urbanisation sera pratiquement inévitable à cause de la proximité de la ville de Toamasina et de son plan d'aménagement urbain qui prévoit repousser les limites de la ville, vers le sud, jusqu'à moins de 5 km du site de l'usine.

Toamasina est une grande ville qui jouit d'un niveau d'instruction élevé de la population, d'une présence institutionnelle et d'un niveau appréciable d'activités commerciales. De ce fait, la ville de Toamasina est bien placée pour tirer le meilleur profit des retombées positives du projet, en particulier à long terme. Considérant l'emplacement des installations du projet par rapport à Toamasina, aucun effet physique négatif n'est prévu sur les ressources naturelles en milieu urbain.

Il est vrai que les populations urbaines de Madagascar possèdent généralement une situation avantageuse par rapport aux populations rurales ; toutefois, cet avantage repose sur la capacité du gouvernement à étendre et à offrir des services et des infrastructures aux populations urbaines. Les centres urbains bénéficient d'assiettes fiscales qui procurent des ressources aux autorités municipales, et une population importante crée une demande de biens et services qui pourrait

entraîner une certaine économie d'échelle. Tout ceci se produit après de fortes pressions démographiques. Les facteurs dominants de la poussée migratoire des populations rurales vers les zones urbaines comprennent l'absence d'accès à la terre et la pauvreté tandis que les principaux facteurs d'attraction vers les villes sont les opportunités d'emploi et les salaires plus élevés, ce que le projet est en mesure d'offrir. La présence d'un projet de cette envergure peut accélérer la croissance démographique, mais cette croissance n'assure pas nécessairement un niveau de vie urbain à la population. Toutefois, les politiques visant à contrôler et à réglementer la migration n'ont rencontré qu'un succès mitigé dans de nombreux pays. Afin de s'attaquer aux défis d'une croissance incontrôlée, le promoteur du projet participera à la planification d'infrastructures et à l'investissement dans ces infrastructures pour la durée de vie du projet. Il appuiera également les efforts pour renforcer la capacité d'un développement urbain sain.

Le projet s'engage à veiller à ce que les populations ne soient pas affectées négativement par ses activités et à contribuer au développement social et économique de son secteur d'effets potentiels. L'échelle du projet et son potentiel de transformation économique et sociale au niveau local nécessitent plus une stratégie de gestion adaptative que de mesures d'atténuation spécifiques. Une gestion adaptative allie la recherche à l'action en élaborant des interventions fondées sur les résultats d'un suivi systématique. Faire le suivi des impacts sur la population, renforcer la compréhension de la migration et contribuer au renforcement des capacités institutionnelles régionales à relever les défis liés à la migration font partie des objectifs du projet Ambatovy. Les mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives sont résumées au tableau 5.1-1.

Tableau 5.1-1 Mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives

Site de l'usine	
Impact potentiel	Mesures d'atténuation et de maximisation des retombées positives
Emploi	Initiative de développement des ressources locales (IDRL), comportant des sections spécifiques au contexte de Toamasina (main d'œuvre, organisme de formation, objectifs d'emploi, modalités d'identification des travailleurs potentiels, stratégie de recrutement, logement des salariés, plan de communication pour le recrutement, etc.). Un objectif principal de l'IDRL sera le recours notamment à ces leviers en vue de réduire le taux d'immigration interne.
Achat de biens et services locaux	Sections du Plan d'Achat (PA) spécifiques à la construction et à l'exploitation de l'usine et au contexte de Toamasina.
Effets économiques indirects et induits (sur la main d'œuvre et les entreprises) de l'emploi et des achats directs par le projet	IDRL et le PA cités ci-dessus.
Formation et renforcement des capacités des entreprises	IDRL et le PA cités ci-dessus. Accent particulier sur les petites et moyennes entreprises (PME)
Croissance économique globale	Voir volume G, section 4.1.
Diversification de l'économie régionale	PA cité ci-dessus.
Augmentation du revenu des autorités locales résultant du paiement des taxes locales et, dans ce cas, l'amélioration résultante des services gouvernementaux	Aucune mesure à prendre.
Interactions avec les initiatives de planification locales et régionales existantes	Partenariat avec les initiatives de planification et de renforcement des capacités. Rôles et modèle de planification restant à déterminer, mais qui procéderont des interactions entre les parties prenantes pendant les consultations publiques, dans le cadre de l'EIE. Les activités comprendront des consultations en continu pour maximiser la réussite des mesures d'atténuation (développement d'une stratégie relative à la migration incontrôlée, initiatives s'attaquant aux défis liés à la planification urbaine et aux enjeux dans les domaines de l'éducation et de la santé).
Accroissement du niveau de bien-être résultant d'une augmentation des emplois et des revenus	Aucune mesure à prendre.

Tableau 5.1-1 Mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives (suite)

Site de l'usine	
Impact potentiel	Mesures d'atténuation et de maximisation des retombées positives
Réinstallation de quelque 167 familles vivant dans les secteurs du parc à résidus et de l'usine de traitement	Plan de réinstallation
Ressources et moyens de subsistance des ménages affectés par les exigences liées aux aménagements linéaires des terres et à la servitude	Les tracés détaillés des aménagements linéaires (pipelines, lignes électriques, routes) éviteront, dans la mesure du possible, les villages, les résidences individuelles et les terres agricoles. En cas d'impossibilité, des compensations seront payées ou, à la limite, une réinstallation sera envisagée en fonction de la perte de ressources de subsistance encourues. Les négociations avec les occupants du sol doivent refléter la valeur de la perte des moyens de subsistance pour la durée de la perte.
Effets des perturbations associées aux activités de construction et d'exploitation, à la congestion accrue du trafic, au bruit, à la poussière, aux changements de la qualité de l'air, etc.	Mesures d'atténuation complète des effets environnementaux (éliminant ainsi tout effet social à atténuer). , Pour les mesures d'atténuation proposées, voir les sections de l'EIE relatives au bruit, à la qualité de l'air et au trafic présentées dans les volumes D, E et F.
Effets du changement de la quantité et de la qualité des eaux souterraines et des eaux de surface sur les moyens de subsistance et sur la santé	Mesures d'atténuation complète des effets des changements de la qualité et de la quantité d'eau (éliminant ainsi tout effet social à atténuer).
Urbanisation induite et spéculation foncière liées au développement urbain entre Toamasina et le site de l'usine, et l'afflux démographique qui résultant	<p>En ce qui concerne la migration induite par le projet, un suivi sera fait de la demande accrue en infrastructures et services de base tels que : logement, systèmes d'hygiène publique, eau, écoles et structures sanitaires ; des stratégies seront élaborées grâce à la planification et la participation des autorités locales. Consultations en continu et mécanismes d'enregistrement des plaintes pour identifier tout effet particulièrement négatif attribuable au projet dans le cadre d'une gestion adaptative.</p> <p>Le recrutement des salariés aura lieu à Toamasina, à la suite d'un vaste plan de communication visant à dissuader les demandeurs et les chercheurs d'emploi de se rendre directement au site du projet.</p> <p>En ce qui concerne l'urbanisation en cours, le promoteur travaillera de concert avec les autorités concernées pour améliorer la compréhension du phénomène de la migration rapide et renforcer les capacités institutionnelles régionales en vue de gérer ce phénomène.</p>

Tableau 5.1-1 Mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives (suite)

Site de l'usine	
Impact potentiel	Mesures d'atténuation et de maximisation des retombées positives
Augmentation de l'incidence de l'infection au VIH/SIDA et à d'autres maladies transmissibles résultant de la présence de la main d'œuvre non locale, de la migration etc.	Un programme de prévention du VIH/SIDA sera mis en œuvre sous la coordination du bureau de santé du projet. Comprendra : éducation et prévention du SIDA (dissémination de l'information ; éducation ; prévention et traitement des autres maladies transmissibles sexuellement ; conseils et fourniture de préservatifs) ; un code de conduite de l'employé dressant la liste des comportements sociaux responsables attendus de la part des salariés et des pratiques de travail sans risque pour les salariés à risque (prestataires de santé et secouristes) ; un programme de lutte contre le paludisme comportant à la fois la lutte contre le vecteur de la maladie et la protection personnelle.
Menaces à la santé et la sécurité publique résultant de l'augmentation des revenus, de la présence de la main d'œuvre non locale, de la migration, de l'augmentation du trafic, etc.	Gestion de la main d'œuvre, y compris les programmes de formation interculturelle et l'application des codes de conduite des salariés. La participation aux initiatives de développement communautaire, dans l'attente des consultations avec les communautés, ciblant la santé publique ; la sécurité publique pourraient être une priorité. Les consultations publiques continues et les mécanismes d'enregistrement des plaintes pourront identifier tout effet particulièrement négatif attribuable au projet dans le cadre d'une gestion adaptative.
Pressions sur les infrastructures sociales et physiques locales (écoles, services de santé, logement, etc.) résultant de l'urbanisation induite	Approvisionnement en produits alimentaires et l'hébergement, fourniture des services médicaux et de loisirs directement au personnel expatrié et à la main d'œuvre malgache non locale. Politique de recrutement bien publicisée exigeant que les procédures de recrutement aient lieu à Toamasina et interdisant le recrutement direct à l'usine même. Les migrants économiques créeront une pression sur la prestation de services au niveau local, en particulier d'une façon plus sérieuse autour du site de l'usine. Cette pression ne peut être atténuée que par le développement communautaire et par des efforts de planification à long terme pour faire de la fourniture d'infrastructures sociales et physiques une priorité. Les consultations publiques continues et les mécanismes d'enregistrement des plaintes pourront identifier tout effet particulièrement négatif attribuable au projet dans le cadre d'une gestion adaptative.
Conflits sociaux entre la main d'œuvre non locale et les résidents locaux, entre les nouveaux migrants et les communautés établies, et entre les membres d'une famille, entre individus, entre villages et communes	Politique de gestion de la main d'œuvre pour la main d'œuvre non locale, y compris des programmes de formation interculturelle et l'application des codes de conduite des salariés. Les conflits entre des membres de la population locale ne pourront pas être atténués directement. Les consultations publiques continues et les mécanismes d'enregistrement des plaintes pourront identifier tout effet particulièrement négatif attribuable au projet dans le cadre d'une gestion adaptative.
Changement culturel au niveau des communautés rurales vivant autour du site de l'usine	Aucune mesure d'atténuation directe possible. Les consultations publiques continues et les mécanismes d'enregistrement des plaintes pourront identifier tout effet négatif particulier attribuable au projet dans le cadre d'une gestion adaptative.

Tableau 5.1-1 Mesures d'atténuation des impacts et de maximisation des retombées positives (suite)

Site de l'usine	
Impact potentiel	Mesures d'atténuation et de maximisation des retombées positives
Impacts associés aux risques d'accidents réels ou perçus, associés à l'usine et à la manipulation des matières dangereuses	Politique d'entreprise en matière de santé et de sécurité, y compris des formations sur la santé et sécurité. Sensibilisation du public sur les risques réels. Plan d'intervention d'urgence. Assurance médicale pour les salariés, y compris l'assurance invalidité. Mise en place d'installations médicales sur le site. Respect des normes internationales (voir volume H, annexe 6).
Fermeture et effets économiques et sociaux qui s'ensuivent	Politique d'entreprise en matière de durabilité. Considération d'une fermeture potentielle du projet dans tous les plans d'investissement sociaux.

5.1.2 Evaluation des impacts

5.1.2.1 Opportunités économiques

A l'exception des habitants vivant le long de la Route Nationale (RN2), les populations établies à proximité du site de l'usine et du parc à résidus semblent être un peu plus défavorisées en termes de développement social et économique que à celles établies au site de la mine (volume K, annexe 1.1). Toutefois, ces populations n'ont pas déclaré ressentir les types de stress, ou manifesté les aspirations, qui ont motivé les populations du site de la mine à faire de l'embauche une priorité.

En conséquence, le projet envisage d'offrir des formations préalables à l'embauche, des formations de compétences de base, des emplois et autres bénéfices à la population locale. Afin d'atténuer la migration incontrôlée attribuable au projet, l'endroit où se fera le recrutement pour la formation professionnelle et pour les opportunités d'emploi et d'achat sera Toamasina, qui est englobé dans le secteur « local » du projet. Considérant le nombre d'emplois, l'amélioration potentielle de la qualité de vie, et l'offre de formations et de programmes préalables à l'embauche décrits dans d'autres sections, il est fort probable que le projet embauche un nombre important de personnes originaires de la région de Toamasina. D'une manière générale, les opportunités économiques dans les environs immédiats seront certainement moindres par rapport à celles existant à Toamasina en général, compte tenu du faible nombre d'entreprises dans ce milieu largement rural. Il faut toutefois noter que ces opportunités peuvent se multiplier dans le temps.

5.1.2.2 Emploi

Les données de référence sur l'emploi, les langues, le niveau d'instruction et l'éducation suggèrent qu'il serait difficile au départ d'embaucher un grand nombre de personnes originaires de la zone immédiatement adjacente au projet, sauf pour les postes non spécialisés, même si certaines personnes ont eu une expérience professionnelle récente dans la construction de bâtiments le long de la Route Nationale. Toutefois, étant donné le volume important de main d'œuvre nécessaire pendant les phases de construction et d'opération et la taille de la population active vivant à proximité immédiate du chantier (environ 1500 personnes, la plupart n'étant pas sur le marché de l'emploi à l'heure actuelle et/ou désireux d'obtenir un emploi salarié à plein temps), il est peu probable que les opportunités d'emploi viennent à manquer pour les personnes vivant près des sites de l'usine et du parc à résidus. Au fil du temps, les compétences des travailleurs non qualifiés et non expérimentés seront développées grâce à des programmes d'éducation et de formation.

Les besoins en main d'œuvre malgache directe sont estimés à 1100 salariés sur un total de 2800 salariés pendant les 36 mois de la phase de construction. Certains des postes seront des postes à court terme, mais les postes non spécialisés seront plus stables. La majorité des ouvriers qualifiés devraient provenir de Toamasina. Les besoins en main d'œuvre directe locale sont estimés à environ 1060 salariés, et seulement 90 salariés expatriés environ. Étant donné que les travailleurs locaux pourront développer leurs compétences et leur expérience au cours de la phase de construction, ils devront être en mesure d'accéder à d'autres postes plus qualifiés. Les impacts potentiels de l'emploi sont considérés positifs, d'intensité forte, à long terme et de conséquence élevée.

5.1.2.3 Commerce

Le projet créera de multiples opportunités d'affaires compte tenu de son envergure, des volumes importants de matériaux nécessaires à l'exploitation et du fait que la plupart de ces matériaux transiteront par le port. Il est fort probable que les entreprises capables de fournir ces matériaux, même si elles sont localisées ailleurs à Madagascar, développeront leurs activités ou se réinstalleront à Toamasina pour se rapprocher d'un futur gros client. En outre, l'assistance fournie aux entreprises leur permettra de développer leurs capacités à satisfaire les besoins en biens et services du projet au fil du temps.

Il n'est pas prévu d'établir de nombreux contrats de fourniture de biens et services dans les zones immédiatement adjacentes aux sites du parc à résidus miniers et de l'usine. Il existe peu d'entreprises dans ces zones, et celles existantes sont petites et sont toutes orientées, à quelques exceptions près, vers la

satisfaction des besoins de consommation de la population locale. Toute initiative de promotion de petits commerces spontanés dans la zone immédiatement adjacente au site du projet doit être étudiée soigneusement pour éviter de favoriser l'immigration interne.

Les impacts potentiels des opportunités d'affaires directes sont considérés être d'intensité forte, positifs, à long terme et de conséquence élevée.

5.1.2.4 Economie locale

Les dépenses du projet dans la région de Toamasina sont estimées à hauteur de 100 millions USD par année, pendant les trois années de construction. Les dépenses annuelles prévues pendant la phase d'exploitation sont de l'ordre de 67 millions USD. Outre les dépenses locales, les retombées indirectes et induites en matière d'emploi et d'activités économiques seront importantes. Il est prévu que 6700 emplois indirects et 1470 emplois induits supplémentaires seront créés pendant la phase de construction. Pendant la phase d'exploitation, ces nombres s'élèveront à 3810 et 710 respectivement. De même, il est prévu que les améliorations des infrastructures, dont certaines seront réalisées par d'autres intervenants associés au projet, permettront de stimuler l'économie locale à travers la création d'emploi.

Les habitants vivant à proximité des sites du projet seront recrutés de manière préférentielle, bien que la majorité de la main d'œuvre locale proviendra de Toamasina, principalement à cause du nombre important de salariés nécessaire. Les dépenses relatives aux salaires et à l'achat de services seront effectuées dans l'économie du pays, y compris celle de Toamasina.

La hausse de la demande de biens et services associée au projet pourrait être inflationniste, accentuer les inégalités dans la distribution des revenus et produire d'autres effets sur l'économie locale. Un défi majeur sera de s'assurer que le projet n'attire pas les meilleurs employés des autres entreprises, obligeant ces dernières à supporter les coûts de recherche et de formation de nouveaux employés. En fait, il n'est pas dans l'intérêt du projet d'agir ainsi, étant donné que la plupart des entreprises ayant une main d'œuvre qualifiée deviendront des fournisseurs pour le projet, et le fait de compromettre leur capacité à travailler efficacement affectera le projet. L'intention d'appuyer les organismes et programmes de formation à Toamasina peut également contribuer à renforcer la disponibilité générale d'une main d'œuvre scolarisée.

Etant donné que les dépenses anticipées du projet sont prévues être importantes comparativement à la taille de l'économie locale, l'impact est considéré être d'intensité forte, positif, à long terme et de conséquence élevée.

5.1.2.5 Education et formation

La politique du projet prévoit la formation des salariés, dans le but à la fois d'améliorer les compétences nécessaires pour une meilleure performance et pour favoriser l'avancement, et d'élargir la base de compétences des salariés pour que leurs capacités renforcées puissent les préparer aux nouvelles opportunités à venir. Le projet répondra ici également au besoin d'une stratégie élargie d'éducation et de formation en apportant son appui aux institutions scolaires de Toamasina. Le programme de formation formelle élaboré pour le projet sera accessible sur une base préférentielle aux salariés originaires de Toamasina et des secteurs du parc à résidus et de l'usine. Tout comme dans le secteur de la mine, le projet répondra également au besoin d'une stratégie élargie en ce qui concerne l'éducation de base et la formation en aidant les salariés qui le souhaitent à développer les compétences qui leur permettront de se positionner pour un poste et/ou pour la fourniture de biens et services à la fois au sein du projet et dans le reste de l'économie à des niveaux supérieurs à ceux pour lesquels ils auraient qualifiés, n'eût été du projet.

Les impacts potentiels de l'éducation et de la formation sur la main d'œuvre, les entreprises et les jeunes sont considérés être d'intensité forte, positifs, à long terme et de conséquence élevée.

5.1.2.6 Budgets communaux

Les communes rurales sont sous financées à Madagascar en raison d'une faible assiette fiscale et d'un système de distribution des revenus nationaux qui débourse moins de ressources *per capita* aux communes rurales qu'aux communes urbaines. La législation minière attribue des redevances aux communes où existent des réserves de minerai, ce qui exclut les communes affectées par les installations du parc à résidus et de l'usine de traitement.

Un certain potentiel d'augmentation des revenus des communes peut exister, au moins à Toamasina II où le parc à résidus miniers et l'usine seront implantés, à partir des revenus limités que les communes sont autorisées à collecter en leur propre nom. Le projet apportera son aide aux administrateurs publics locaux et régionaux dans la planification et l'utilisation des royalties payées par le projet dans les communes affectées.

Même si les sources d'une hausse de revenus ne sont pas déterminées, reconnaître que les communes auront besoin de sources de revenus supplémentaires et que, d'une certaine manière, ce besoin sera satisfait, signifie que l'effet du projet sur les revenus de la commune sera de forte intensité, positif,

à long terme et de conséquence élevée, en particulier si tout financement supplémentaire est bien administré.

5.1.2.7 Accroissement du revenu

Les emplois directs, indirects et induits ainsi que la création d'entreprises associées au projet augmenteront les niveaux de revenus des individus locaux au projet, ainsi que ceux de leurs familles respectives. L'augmentation des revenus, qui s'accompagne généralement d'une amélioration de la qualité de vie malgré certains effets négatifs potentiels, est considérée être un avantage majeur du projet, tant pour les bénéficiaires directs que pour l'ensemble de la communauté. Il faut noter que ces effets ne pourront pas être compris sans tenir compte de l'urbanisation induite prévue. Les impacts potentiels de l'augmentation des revenus sont considérés être de forte intensité, positifs, à long terme et de conséquence élevée.

5.1.2.8 Migration et urbanisation induite

La construction et l'exploitation des installations du parc à résidus et de l'usine de traitement représentent un projet d'une envergure énorme non seulement pour les communautés riveraines mais également pour la ville de Toamasina. Le projet deviendra le plus grand employeur de la région, avec une moyenne annuelle de 1680 emplois pour de la main d'oeuvre non locale et 1130 emplois locaux pendant la phase de construction, de même que 90 emplois pour de la main d'oeuvre non locale et 1060 emplois locaux pendant la phase d'exploitation.

Le projet mettra en œuvre des initiatives visant à limiter la migration dans les zones situées à proximité immédiate des aménagements. Ces initiatives comprennent le transport des salariés à destination et en provenance du site à partir de lieux déterminés. D'autres moyens de transport pourront être fournis par des initiatives publiques ou privées.

L'urbanisation induite peut apparaître dès la phase de construction, les migrants étant attirés initialement par les bases vie de chantiers et les possibilités d'emploi dans le projet. Des mesures de contrôle seront mises en place, notamment la création de bureaux de recrutement situés uniquement à Toamasina, la mise en place de clôtures autour des sites de la base vie et de l'usine et le transport des salariés à destination et en provenance du site. Suite à la mise en œuvre du projet, la ville de Toamasina pourrait enregistrer un taux de croissance rapide au-delà de ses frontières actuelles. L'urbanisation accélérée est un phénomène qui se serait probablement produit même en l'absence du projet si l'on considère l'extension actuelle des zones résidentielles de Toamasina vers le sud et les aménagements portuaires proposés dans un terrain adjacent. Le projet travaillera

de concert avec les autorités chargées de la planification à l'élaboration d'une stratégie globale de surveillance et de gestion de la migration incontrôlée de la main d'œuvre.

L'urbanisation transformera les modes et conditions de vie encore largement ruraux dans le fokontany proche du parc à résidus de manière à la fois positive et négative. Les processus de changement sont analogues (quoique plus extrêmes) à ceux du site de la mine tel que décrit au volume B, section 5.1, et aux effets économiques directement attribuables au projet comme décrits précédemment. La possibilité d'occurrence de ces effets est traitée dans les sections suivantes consacrées aux ressources naturelles, aux services, aux infrastructures et au bien-être.

Les populations urbaines de Madagascar ont généralement une situation plus avantageuse en termes de statut socio-économique, et c'est dans cet espoir que la plupart des gens choisissent de quitter les zones rurales pour s'installer en zones urbaines. Le meilleur statut socio-économique observé en milieu urbain résulte des meilleures opportunités économiques et d'une meilleure fourniture de services par rapport au milieu rural. L'urbanisation rapide et non planifiée peut nuire non seulement aux résidents d'origine, mais également aux nombreux migrants dont la vision des améliorations de la qualité de vie risque de ne pas se réaliser comme ils l'ont espéré.

Il est difficile de prévoir le nombre de migrants (vitesse d'urbanisation). En l'absence de planification et de préparation efficaces, il est probable que les gens vont d'abord se concentrer le long des routes d'accès menant au site de l'usine et dans ses environs immédiats. La distribution des migrants dépendra de la disponibilité et du coût des terres, de l'application des droits de propriété, des décisions prises par le fokontany affecté à l'égard de l'allocation des terres et ce qui est peut-être plus important encore, de la perception des avantages à gagner par rapport aux coûts de réinstallation des moyens de subsistance en ces nouveaux lieux. Le projet est prêt à travailler en collaboration avec les autorités pour contrôler la croissance dans la zone de Toamasina dans la mesure du possible afin de pouvoir relever les défis de l'urbanisation induite. Tel qu'indiqué précédemment, la distribution des retombées positives du projet face aux besoins doit tenir compte des attentes relatives au paiement des redevances et des taxes relevant de la compétence du gouvernement de Madagascar. A ce chapitre, la responsabilité incombera sans doute également à Toamasina I et II d'étendre les services vers les nouvelles agglomérations et/ou d'élargir les services existants disponibles aux nouvelles populations, avec l'assistance du projet. En principe, cette assistance du projet devrait inclure l'appui à la planification urbaine et communale et aux à la formation du personnel de mise en œuvre. Afin de mettre au point les détails d'une telle assistance, le projet espère tenir

régulièrement des discussions avec les autorités gouvernementales concernées avant le début des travaux de construction, discussions qui se poursuivront ensuite.

Le suivi social, les consultations publiques continues et les mécanismes d'enregistrement des plaintes et de résolution des différends sont également d'une importance capitale pour définir les effets de l'urbanisation, effets qui pourront être gérés grâce à des mesures d'atténuation supplémentaires, lorsque requises. Ces mécanismes sont particulièrement importants car bien qu'il soit possible, dans une certaine mesure, de prévoir les types d'effets, il n'est pas possible de prévoir l'intensité de ces effets ainsi que le nombre d'individus affectés. Souvent, il faudra trouver des compromis pour parvenir à un équilibre entre les impacts et les retombées positives du projet.

Les effets potentiels de la migration et de l'urbanisation induite sont considérés être d'intensité forte, comporter des aspects à long terme qui sont à la fois positifs et négatifs et avoir un niveau de conséquence élevée. L'équilibre de ces effets penchera du côté positif en fonction du succès des efforts visant à atteindre la croissance grâce à une urbanisation planifiée au lieu d'une immigration interne incontrôlée.

5.1.2.9 Accès aux ressources naturelles

Occupation du sol

Le projet nécessitera environ 14 km² de terrain et de servitude pour les installations de l'usine de traitement, du parc à résidus et des infrastructures connexes.

Les personnes dont les terres seront nécessaires pour le projet seront réinstallées conformément au plan de réinstallation. Cette mesure s'applique aux personnes vivant et/ou ayant des terres agricoles dans les secteurs destinés à l'usine et au parc à résidus miniers. En fonction des moyens de subsistance affectés par les perturbations foncières occasionnées par les infrastructures du projet et les exigences en matière de servitude (pour les routes, les pipelines et les lignes électriques), les personnes peuvent être réinstallées ou non. Il existe des options qui peuvent être préférables, notamment le remplacement de la portion de ressources de subsistance affectées par des ressources alternatives, telles que la compensation et/ou l'emploi. Le but est d'assurer que le projet ne cause de tort à personne.

L'urbanisation induite par le projet peut également affecter la valeur des terres et en conséquence l'occupation du sol. Dans les secteurs où les personnes ont un

droit d'usage des terres, et non des titres légaux, ces dernières s'inquiètent des pressions que les spéculateurs peuvent exercer, pouvant aller jusqu'à la vente des terres. Les systèmes traditionnels d'attribution des terres protègent dans une certaine mesure les personnes qui ont des droits d'usage ; en revanche, pour les personnes qui jouissent d'une terre qui est déjà de propriété privée et qui l'utilisent selon divers arrangements leur permettant de gagner leurs vies à partir de cette terre, l'introduction d'un marché foncier spéculatif, donc une alternative d'occupation de sol plus lucrative, est préoccupante. Des conflits fonciers sont susceptibles de se produire. Il n'est pas de l'intention du projet de faire perdre aux résidents d'origine du site de l'usine et du parc à résidus leurs moyens de subsistance. Les occupants seront incités, à travers des programmes de relations sociales, à se manifester en cas de dommage avéré.

Après l'application des mesures d'atténuation, les impacts potentiels sur les ressources foncières restent en grande partie négatifs, d'intensité moyenne à forte, à long terme et d'un niveau de conséquence moyen à élevé. Cependant, l'augmentation des prix des terres peut avoir des effets positifs pour les propriétaires qui optent pour la vente.

5.1.2.10 Eau

Les résidents des trois bassins versants affectés par les résidus dépendent de l'eau des rivières et des sources pour l'agriculture, l'eau potable et pour l'usage domestique. Les effets sur la quantité et la qualité de l'eau dus à l'usine de traitement sont estimés être de conséquence négligeable, comme le sont également les effets des résidus sur la qualité de l'eau. Quant aux effets des résidus sur la quantité d'eau, ils sont estimés être de conséquence élevée (volume E, section 3.7 et 3.8). La construction et l'exploitation du parc à résidus réduiront des deux tiers au maximum les débits pour les utilisateurs en aval. Cependant, les études de références ont démontré que l'enjeu, actuellement, n'est pas le manque mais plutôt l'excès d'eau. De même, des analyses agricoles ont démontré que même avec ces réductions, il y aura un débit suffisant pour satisfaire les rizières existantes en aval du parc à résidus.

Tel que noté dans l'évaluation des impacts sur le site de la mine, les effets réels sur les moyens de subsistance dus à la diminution de la quantité d'eau de surface varieront avec le temps, en fonction de la période et de la quantité de pluie des averses sachant que celles-ci affectent les activités agricoles dans les fonds des vallées fluviales. Lorsque les habitants rencontrent des problèmes d'eau, il s'agit souvent de problème d'excès plutôt que de manque d'eau. Il est possible que dans certains cas, la réduction des débits peut en fait s'avérer bénéfique pour les paysans, dont les cultures sont fréquemment inondées. Cependant, les véritables effets, à la fois réels et perçus, devront être surveillés et rapportés pour y

remédier. Les options de réinstallation, de remplacement et de gestion améliorée de l'eau seront prises en compte si la réduction des débits s'avérait néfaste pour les ressources de subsistance des populations.

Enfin, les activités de construction ont le potentiel d'affecter la qualité de l'eau, principalement à cause de l'érosion. De tels effets seront minimisés grâce à l'application des meilleures pratiques de construction, et seront probablement à court terme dans tous les cas, mais peuvent représenter une nuisance aux utilisateurs d'eau.

Les impacts sur la qualité de l'eau, tant au niveau de l'agriculture que de la santé, sont considérés négatifs quoique de faible intensité, à long terme et de faible conséquence. Les effets de la diminution du débit en aval du parc à résidus sont négatifs, mais de faible intensité, à moyen terme et de faible conséquence à condition de mettre en place les mesures d'atténuation proposées (volume E, section 5.3, Occupation du sol). Il se peut qu'il y ait des retombées positives si la réduction des débits implique que les paysans deviennent moins vulnérables aux inondations.

5.1.2.11 Ressources biologiques

Le parc à résidus et de l'usine de traitement nécessiteront la suppression de la couverture forestière. La plupart des personnes affectées seront pleinement réinstallées, conformément au plan de réinstallation. Etant donné l'état dégradé des ressources biologiques, la population n'en dépend pas trop, et a en fait planté des terres boisées alternatives. Si le parc à résidus requiert la suppression d'une couverture forestière jugée utile aux populations, sans l'être au point de nécessiter une réinstallation, des ressources de remplacement seront fournies.

Les effets potentiels sur les poissons sont peut-être plus préoccupants. D'un point de vue biologique, la réduction des débits des cours d'eau et les effets sur la qualité de l'eau qui devraient donner lieu au dépassement des normes concernant la vie aquatique sont susceptibles de changer la distribution des espèces dans les rivières. Bien que le tilapia soit un poisson exotique, c'est une espèce désirable et facilement commercialisable, sur laquelle il est possible qu'il y ait des impacts négatifs, tant comme ressource alimentaire que du point de vue du bien-être économique des ménages. Encore une fois, le projet est engagé à effectuer la surveillance des impacts sur les pêcheries et à travailler avec les populations locales pour une meilleure gestion des pêcheries.

Les effets des résidus et de l'usine sur les ressources marines, par l'entremise des effets sur la qualité de l'eau, sont jugés négligeables.

Les impacts sur les ressources biologiques sont considérés négatifs, de faible intensité, à long terme et d'un niveau de conséquence variant de faible à moyen.

5.1.2.12 Services sociaux, services physiques et infrastructures

La demande en services sociaux, services physiques et infrastructures est tout à la fois accrue (dans la mesure où les besoins augmentent) et diminuée (dans la mesure où la pauvreté en limite l'accès) du fait du faible statut socio-économique. Le statut socio-économique très faible de beaucoup de personnes dans le secteur immédiat du parc à résidus et de l'usine de traitement (tel que le démontre le niveau de famine, la faible espérance de vie et le faible taux de scolarité chez les enfants) suggère que la demande en services sociaux est susceptible d'augmenter avec l'accroissement des opportunités économiques. De même, suite à l'afflux attendu de migrants, il y aura également un accroissement des demandes en services de santé, de maintien de l'ordre, d'éducation, de fourniture d'eau, de logement et autres services et infrastructures.

On ne peut s'attendre à ce que la migration puisse être contenue au point d'atténuer totalement les pressions additionnelles, non seulement sur les services, mais également sur les biens et les terres, à moins de mesures extrêmes. Dans l'intérêt des résidents d'origine et de tout migrant, il est nécessaire de faire preuve de flexibilité face à la migration. Répondre à la migration et à l'urbanisation induite présentera un défi important à l'administration locale et au projet, nécessitant une planification à long terme et des ressources, dont une partie peut être fournie à travers un partenariat avec les agences gouvernementales et les ONG afin d'appuyer les communautés et les projets économiques. Il faut aussi mentionner que les migrants, lorsqu'ils peuvent accéder aux ressources comme celles pouvant être fournies par les opportunités économiques liées au projet, s'organisent rapidement pour répondre à leurs besoins journaliers.

Le projet contribuera à l'aménagement des infrastructures locales, y compris l'amélioration des routes et le remplacement des infrastructures existantes qui seront enlevées ou affectées. L'amélioration des routes revêt un intérêt particulier pour la population vivant à l'ouest de la RN2 pour leur permettre d'accéder aux marchés et aux services de santé à Toamasina.

En référence à Toamasina en particulier, il a été remarqué que les grandes villes ont une économie formelle générant des impôts substantiels provenant des entreprises, dont fera partie éventuellement le projet et certainement ses fournisseurs. Ceci ne veut pas dire que Toamasina ne rencontre pas de problèmes importants en matière de ressources, mais plutôt qu'une importante relance économique engendrera des ressources additionnelles, qui pourront être utilisées pour répondre à toute augmentation de la demande pour des services.

Le projet lui-même fera peu appel aux services et infrastructures, dans la mesure où les ouvriers non locaux seront logés dans les bases vie où tous leurs besoins en services seront satisfaits. De même, le projet aura des systèmes indépendants pour l'électricité, l'eau, les communications etc. Les améliorations aux infrastructures de transport liées au projet, y compris les routes, le port et le chemin de fer, renforceront la capacité de Toamasina de servir nœud de transport multimodal à Madagascar.

Après l'application des mesures d'atténuation, les impacts sur les services sociaux et les infrastructures sont considérés être d'intensité moyenne, à la fois positifs et négatifs et de conséquence moyenne. Il y a du potentiel spécialement pour des impacts positifs à long terme sur le statut socioéconomique des résidents d'origine et des migrants grâce à l'élaboration minutieuse des programmes sociaux mis en œuvre par une collaboration entre les agences gouvernementales, les ONG et le projet.

5.1.2.13 Bien-être

Les impacts potentiels sur le niveau de bien-être des individus et des familles sont complexes, profonds et imprévisibles. Le bien-être est non seulement intimement associé à une augmentation des opportunités économiques, mais aussi à la santé et sécurité publique, aux perturbations en particulier pendant la phase de construction, aux changements socio-économiques et culturels et à la disponibilité et possibilité d'accès aux nécessités de la vie.

Santé et sécurité publique

Il y a un lien entre les bases vie industrielles occupées principalement par des hommes célibataires ayant un revenu accru, et des enjeux de santé publique tels que l'abus sexuel, la grossesse à l'adolescence, les familles monoparentales, et les maladies sexuellement transmissibles dont le VIH/SIDA, l'abus de drogues et la criminalité. En utilisant les « leçons apprises » et les meilleures pratiques, qui évoluent constamment, un programme détaillé de gestion des ouvriers sera élaboré en vue de limiter la possibilité de contact entre les travailleurs migrants et les personnes locales, et d'encourager un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement et de la société. Bien que le projet mette en application ces meilleures pratiques, les travailleurs logés à la base vie et les nouveaux migrants auront inévitablement des interactions avec les personnes résidant dans le secteur du parc à résidus et de l'usine de traitement. La surveillance sociale s'avèrera être d'une importance critique pour déterminer les effets réels du projet sur les enjeux de santé et de sécurité publique afin de répondre à tout effet négatif de telles interactions sur la communauté.

Il est particulièrement critique d'accorder une attention à l'augmentation potentielle des cas de VIH/SIDA, étant donné que le taux de incidence dans la région de Toamasina est soupçonné être plus élevé par rapport au taux de incidence à Madagascar en général. Le projet gèrera l'augmentation potentielle des cas de VIH/SIDA causé par les mouvements des ouvriers et des migrants dans le secteur en raison de la mise en œuvre du projet grâce à l'application de codes de comportement et à la mise en œuvre de programmes sérieux et persuasifs de prévention et de traitement du VIH/SIDA. Le promoteur a élaboré un protocole VIH/SIDA et travaillera pour renforcer et soutenir la capacité d'organiser des campagnes de prévention et de traitement des infections sexuellement transmissibles. Les guides sur les meilleures pratiques du groupe de la Banque mondiale et de la Fédération internationale des sociétés de la Croix-Rouge et du Croissant-Rouge seront consultés pour élaborer des programmes de prévention, de soin, et de suivi auprès de la main d'œuvre.

Les préoccupations en ce qui concerne l'intensification du trafic, et le potentiel d'augmentation des cas d'accidents de la route dus au volume de trafic lié au projet sont les mêmes que pour le site de la mine (volume D, section 5.5). Des urgences liées au projet peuvent également se produire, et bien que le risque soit considéré négligeable à faible, si le risque venait à se réaliser, le potentiel de dommages pourrait être plus élevé. La santé et sécurité des travailleurs est peut-être un enjeu plus important qu'au site de la mine, du fait du nombre beaucoup plus élevé de travailleurs au parc à résidus et au site de l'usine. Par contre, les enjeux de santé publique liés au bruit, aux émissions atmosphériques et à la qualité de l'eau sont considérés sans conséquence (voir les sections sur la santé humaine).

Il est probable que la sécurité publique soit perturbée dans les zones rurales à proximité du parc à résidus et du site de l'usine de traitement, due à la migration et à l'urbanisation induite. La transformation de l'économie locale créera des inégalités au niveau des revenus et certaines personnes pourraient migrer sans ressource de subsistance bien définie.

Des meilleures pratiques en matière de : gestion des ouvriers, procédures opérationnelles, trafic, santé et sécurité, enseignement public, programmation sanitaire et autres meilleures pratiques pertinentes seront implantées et rigoureusement mises en vigueur par le projet. Le projet travaillera avec toutes les collectivités au niveau du suivi social, dans le cadre d'une gestion adaptative des problèmes au fur et à mesure où ils se présentent.

Les impacts potentiels du projet en ce qui concerne la santé et sécurité publique sont négatifs et à long terme. Les mesures d'atténuation à appliquer peuvent

potentiellement ramener la conséquence sur le milieu social à un niveau faible ou négligeable.

Valeurs et intégrité sociales et culturelles

Le projet représente une force de transformation sociale importante compte tenu de la taille des installations du parc à résidus et de l'usine de traitement par rapport à la population locale et aux emplois qu'il devrait générer. Cette situation sera accentuée par les changements que devrait amener la migration. Toutefois, l'interaction entre les processus négatifs et positifs potentiels est complexe et ne peut être ramené à un simple système de classification des conséquences sur le milieu social.

Perturbations

Des perturbations se produiront en relation avec les installations du parc à résidus et de l'usine de traitement. La construction et l'exploitation liée au projet produira des impacts sur la qualité de l'air, les niveaux de bruit, les niveaux du trafic et les aspects visuels. En outre, et quels que soient les avantages économiques en jeu, le mouvement d'un nombre important de personnes arrivant dans la région affectera la qualité de vie de la plupart des habitants.

Les impacts des perturbations potentielles associées au projet sont négatifs. La majorité de ces perturbations sera de faible intensité et de courte durée, puisqu'elles se produiront principalement pendant la phase de construction, et par la suite, de manière intermittente uniquement. Cependant, une migration à grande échelle représenterait une source de perturbation à long terme pour les personnes qui attachent une valeur aux modes de vie ruraux et, dans ce cas, la conséquence des perturbations sera élevée.

Investissements sociaux

Le promoteur ne pourra relever à lui seul les enjeux liés à l'immigration interne et à l'urbanisation dans la région de Toamasina. Le projet a l'intention de participer à d'autres initiatives de développement communautaire afin de renforcer les mesures d'atténuation et de maximisation des retombées positives en relation avec les impacts spécifiques du projet. L'approche proposée consiste à établir des partenariats avec le gouvernement, les ONG et les organisations communautaires en vue d'appuyer les interventions de gestion des effets liés à l'urbanisation induite, à la fois dans l'intérêt des résidents d'origine et pour assurer que l'expérience du phénomène migratoire sera la plus positive possible. D'une manière générale, les gens choisissent de migrer dans l'espoir d'une amélioration du statut socio-économique de leur famille. De nombreuses personnes choisissent de migrer malgré cette incertitude car leur situation présente n'est plus tenable ni pour elles-mêmes ni pour leur famille. Au vu du

taux de pauvreté de 70% qui se maintient dans la population de Madagascar, la migration vers une zone d'opportunités potentielles pourrait, en fait, produire des gains nets, quels que soient les effets temporaires ou à long terme sur les populations d'origine de cette zone.

D'autres mesures d'atténuation spécifiques au projet dans les domaines de la santé, de la formation et du développement des petites entreprises émaneront des consultations publiques tenues avec les parties prenantes. Ces contributions constitueront un bénéfice du projet non seulement pour les communautés les plus proches des installations du parc à résidus et de l'usine de traitement, mais également pour le reste de la population locale, dont la majorité fera partie du processus grandissant d'urbanisation dans la région de Toamasina.

5.1.2.14 Fermeture

Les contributions directes du projet à l'économie locale et au bien-être d'une population non urbanisée cesseront au moment de la fermeture. Comme indiqué précédemment, la fermeture pourrait causer une fracture économique et sociale grave.

Il est difficile de prévoir les conditions des zones entourant les installations du parc à résidus miniers et de l'usine de traitement lors de la fermeture du projet, après 27 ans (ou après une période plus longue, puisqu'il est possible que les installations du parc à résidus miniers et de l'usine de traitement continuent à être utilisées). Il est possible, par exemple, que le secteur du projet ait été absorbé dans la ville de Toamasina et qu'il soit devenu un élément du paysage urbain.

Le projet a l'intention de participer à cette transformation en tant que force positive contribuant au développement économique et social à travers la création d'emploi et d'opportunités d'affaires et la formation, et par le soutien financier à la planification de la croissance urbaine. Un processus itératif de planification de la fermeture, de suivi social et de consultations publiques dans le cadre de la fermeture devrait permettre l'intégration des principes de développement durables à la prise de décision tant de la part du projet et de la ville de Toamasina que des communes affectées. Une économie florissante et plus diversifiée permettra d'amortir les effets de la fermeture.

Toutefois, l'annulation des bénéfices économiques et sociaux inhérente à la fermeture d'un projet d'envergure doit être considérée comme un impact négatif potentiellement de forte intensité, à long terme et de conséquence élevée. La planification de communautés durables aidera à réduire les impacts de la fermeture par l'instauration de procédures visant à appuyer les entreprises et les services locaux à long terme.

5.1.3 Résumé

Les impacts socio-économiques du projet, exposés dans cette section, sont résumés dans la matrice des impacts socio-économiques présentée au tableau 5.1-2. Le tableau comprend une évaluation des impacts potentiels avant et après la mise en œuvre des mesures d'atténuation proposées, et présente des scénarios alternatifs pour certains impacts pouvant être considérés positifs ou négatifs.

Globalement, le projet devrait générer d'énormes retombées économiques pour la région de Toamasina à travers la création d'emploi, la demande accrue d'activités économiques, l'appui aux institutions scolaires et l'amélioration des infrastructures. Un tel stimulant économique conduira à une amélioration du statut socio-économique global. Une protection sera offerte aux populations affectées directement par la perte temporaire de moyens de subsistance en raison du projet, soit par le biais d'une réinstallation ou par d'une compensation, selon le cas. Le projet travaillera en partenariat avec la ville de Toamasina et les autorités communales dans la gestion conjointe des défis de l'urbanisation. L'accent sera mis sur la capacité du projet à bien s'intégrer dans la région de Toamasina en tant qu'initiative de développement durable. Il faut considérer que les retombées économiques sont globalement liées à l'amélioration du statut socio-économique. Dans la mesure où il existe un potentiel d'effet négatif, les mesures d'atténuation directes et la stratégie de gestion adaptative mises en place pour aborder les effets évolutifs devraient aider à la réalisation des retombées globales.

Tableau 5.1-2 Matrice des impacts des installations du parc à résidus, de l’usine de traitement et du port

PARC A RESIDUS / USINE DE TRAITEMENT								
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 de création de quelque 1130 emplois directs locaux pendant la phase de construction et de 1060 emplois directs locaux pendant la phase d'exploitation	Locale	Construction, exploitation	Positive	Faible en l'absence de systèmes préférentiels	Emploi préférentiel dans le secteur local de Toamasina ; programme de formation et de mise à niveau des connaissances	Positive	Elevée pour les individus pouvant accéder aux emplois reliés au projet, et élevée au niveau de la commune par rapport à la taille de la population
Achat de biens et services locaux	Accroissement des activités commerciales reliées aux contrats d'approvisionnement du projet	Locale	Construction, exploitation	Positive	Négligeable en l'absence de systèmes préférentiels	Achat préférentiel à Toamasina ; programmes de formation pour le développement des petites et moyennes entreprises (PME)	Positive	Elevée pour les individus possédant des entreprises ou y travaillant et pouvant accéder aux opportunités générées par le projet, en particulier à Toamasina
	Potentiel de création de quelque 6700 emplois indirects et 1470 emplois induits pendant la phase de construction ; et de 3810 emplois indirects et 710 emplois induits pendant la phase d'exploitation	Locale	Construction, exploitation	Positive	Faible en l'absence de systèmes préférentiels	Emploi et achat préférentiels	Positive	Elevée , en particulier à Toamasina
Croissance économique indirecte et induite et diversification économique	Inflation	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu de la taille des installations par rapport à l'économie locale et compte tenu de la croissance démographique	Aucune mesure d'atténuation directe possible Les retombées positives du projet contribueront au bien-être de l'ensemble de la communauté	Positive et négative	L'orientation et la conséquence des effets dépendent de la position d'une personne dans le reste de l'économie Les groupes vulnérables sont les plus négativement affectés
	Aggravation de l'inégalité des revenus	Locale	Construction, exploitation	Négative	Moyenne	Aucune mesure d'atténuation directe possible	Négative	Moyenne , compte tenu des attentes voulant que les initiatives de développement communautaire contribuent à l'amélioration du bien-être communautaire et ciblent les membres les plus défavorisés de la société
Renforcement des compétences de la main d'œuvre et des entreprises	Education, formation et expérience professionnelle pour les salariés et les entreprises pouvant travailler pour le projet le reste de l'économie	Locale	Exploitation	Positive	Faible en l'absence de systèmes préférentiels	Emploi et achat préférentiels et les programmes de formation	Positive	Elevée pour les individus et les communautés
	Meilleur niveau d'instruction de la population en général	Locale	Exploitation	Positive	Négligeable en l'absence d'une stratégie d'éducation et de formation	Stratégie d'éducation et de formation	Positive	Elevée pour les individus et les communautés

Tableau 5.1-2 Matrice des impacts des installations du parc à résidus miniers, de l’usine et du port (suite)

PARC A RESIDUS / USINE DE TRAITEMENT								
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)
Augmentation du revenu individuel	Multiplication des opportunités d’emploi, avec des salaires généralement intéressants	Individuelle	Construction, exploitation	Positive	Elevée pour les individus affectés	Emploi et achat préférentiels et programmes de formation	Positive	Elevée pour les individus affectés
Migration	Migration interne	Locale	Construction, exploitation	Largement négative compte tenu des nombres prévus	L’impact dépend du type de migrants, de leur nombre, de leur statut familial et des compétences qu’elles apportent. Un certain potentiel d’effets positifs	Pas de recrutement direct sur site, communication claire sur les besoins de recrutement et les compétences requises Toutefois, les mesures d’atténuation directe risquent de ne pas être efficaces	Négative et positive	L’impact dépend du type de migrants, de leur nombre, de leur statut familial et des compétences qu’elles apportent. L’appui à la planification du développement communautaire et au renforcement de capacité facilitera la gestion de la migration et contribuera à l’amélioration du bien-être communautaire global
Urbanisation induite	Transition d’une économie rurale à une économie urbaine	Locale	Construction, exploitation	Négative et positive	Elevée compte tenu des transformations anticipées de la vie économique, sociale et culturelle	Il est probable qu’aucune mesure d’atténuation directe ne sera efficace	Négative et positive	Négative élevée à positive élevée La croissance économique et l’urbanisation sont liées à l’amélioration globale du statut socio-économique, même si certaines personnes ne bénéficieront pas de cet avantage L’appui à la planification du développement communautaire contribuera à l’amélioration du bien-être communautaire global
Ressources naturelles								
Disponibilité des ressources foncières	Changement des modes d’occupation du sol (sans tenir compte de la réinstallation)	Locale	Construction, exploitation	Négative	Moyenne	Evitement des villages, des ménages et des terres agricoles lors de la construction des aménagements linéaires Compensation lorsque l’évitement n’est pas possible	Négative	Faible , et quelques personnes peuvent tirer avantage suite à une compensation
	Manque de terres et hausse des prix	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu des niveaux de migration prévus	Il est probable qu’aucune mesure d’atténuation directe ne sera efficace	Négative	Moyenne à élevée , même s’il est noté que la hausse du prix des terres peut favoriser les personnes qui choisissent de vendre leur propriété L’appui à la planification du développement communautaire peut aider à la gestion des effets des transformations économiques

Tableau 5.1-2 Matrice des impacts des installations du parc à résidus miniers, de l’usine et du port (suite)

PARC A RESIDUS / USINE DE TRAITEMENT								
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)
Disponibilité des ressources foncières (suite)	Différends et changements des régimes de propriété foncière	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu des pressions anticipées sur les ressources foncières	Il est probable qu’aucune mesure d’atténuation directe ne sera efficace	Négative	Elevée Un appui aux programmes pourrait être élaboré pour contribuer à l’amélioration de la productivité agricole et réduire ainsi les pressions sur les ressources foncières
	Réduction de la disponibilité de l’eau pour l’agriculture résultant des effets environnementaux potentiels et de l’utilisation de l’eau par le projet	Locale	Exploitation	Négative	Moyenne compte tenu de la dépendance vis-à-vis des ressources en eau dans le secteur du parc à résidus	Atténuation des effets potentiels sur la qualité de l’eau à la source Programme de gestion de l’eau Compensation durable de tout effet résiduel	Négative ou positive	Négative faible , mais également un avantage potentiel élevé si la baisse des débits signifie diminution du risque d’inondation
Effets sur les ressources en eau	Baisse de la qualité des eaux de surface pour la consommation humaine et l’agriculture résultant des effets environnementaux potentiels	Locale	Exploitation	Négative	Faible compte tenu des mesures d’atténuation et d’approvisionnement en eau potable si nécessaire	Atténuation des effets potentiels sur la qualité de l’eau à la source Compensation durable des effets résiduels	Négative	Négligeable Un programme d’approvisionnement en eau potable des communes rurales peut être élaboré
	Baisse de la qualité de l’eau souterraine alimentant les puits servant à la consommation humaine	Locale	Exploitation	Négative	Faible compte tenu du faible nombre de puits à proximité immédiate, de l’atténuation à la source et de l’approvisionnement en eau potable si nécessaire	Atténuation des effets potentiels sur la qualité de l’eau à la source Compensation durable des effets résiduels	Négative	Négligeable Un programme d’approvisionnement en eau potable des communes rurales peut être élaboré
Effets sur la disponibilité des ressources biologiques	Restriction de l’accès aux ressources biologiques utilisées à des fins de subsistance	Locale	Construction, exploitation	Négative	Faible compte tenu de la faible dépendance vis-à-vis des ressources biologiques comme compléments des ressources de subsistance	Compensation durable des effets résiduels lorsque les restrictions de l’accès et/ou de l’utilisation entraînent des conséquences économiques	Négative	Faible à moyenne

Tableau 5.1-2 Matrice des impacts des installations du parc à résidus miniers, de l’usine et du port (suite)

PARC A RESIDUS / USINE DE TRAITEMENT								
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)
Effets sur la disponibilité des ressources marines	Restriction de l'accès aux ressources marines utilisées à des fins de subsistance	Locale	Construction, exploitation	Négative	Faible compte tenu de la faible dépendance des populations du secteur du parc à résidus et de l'usine de traitement vis-à-vis des ressources marine	Atténuation des effets environnementaux potentiels à la source Compensation durable pour les effets résiduels lorsque les changements sur les ressources disponibles entraînent des conséquences économiques	Négative à positive	Négligeable
Services sociaux, services physiques et infrastructures								
Services sociaux	La croissance démographique et l'augmentation du revenu disponible conduisent à la hausse de la demande pour la gamme complète de services sociaux	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu de l'urbanisation induite	Les salariés du projet auront accès à des services de santé	Négative à positive	Négative moyenne à positive moyenne en fonction de l'efficacité des programmes et des interventions Partenariats communautaires pourraient être développés afin d'améliorer la fourniture de services sociaux et pour contribuer au bien-être communautaire global
Infrastructures	Perte d'infrastructures communautaires	Locale	Construction, exploitation	Négative	Moyenne	Remplacement des infrastructures affectées et construction/ amélioration d'autres infrastructures	Positive	Moyenne compte tenu de la priorité accordée à l'infrastructure par la population
Bien-être des communauté								
Sécurité publique	Augmentation des comportements antisociaux publics	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu de l'urbanisation induite	Gestion de la main d'œuvre par le biais de formations interculturelles et l'application de codes de conduite	Négative	Faible grâce à la mise en œuvre de mesures d'atténuation
Santé publique	Augmentation du risque lié au VIH/SIDA et autres maladies transmissibles	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée	La main d'œuvre du projet aura accès à des services de santé Programme de prévention du VIH/SIDA pour la communauté et la main d'œuvre	Négative	Mesures d'atténuation à mettre en œuvre, d'où la diminution potentielle de la conséquence jusqu'à un niveau faible ou négligeable L'échec des mesures d'atténuation entraînera une conséquence élevée

Tableau 5.1-2 Matrice des impacts des installations du parc à résidus miniers, de l’usine et du port (suite)

PARC A RESIDUS / USINE DE TRAITEMENT								
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)
Santé publique (suite) Augmentation des risques sur la santé et la sécurité publiques en raison des activités de construction et d'exploitation	Risques associés au trafic, y compris le transport de marchandises dangereuses et les accidents	Locale	Construction, exploitation	Négative	Conséquence élevée du risque compte tenu des dégâts potentiels qu'un tel accident pourrait causer	Mesures d'atténuation complète pour atténuer les effets de l'intensification du trafic	Négative	La conséquence du risque est élevée compte tenu du dommage potentiel qu'un tel accident peut causer, toutefois les mesures d'atténuation devraient réduire le risque considérablement
	Effets de la qualité de l'eau sur la santé publique	Locale	Construction, exploitation	Négative	Moyenne	Mesures d'atténuation complète pour atténuer les effets de la qualité de l'eau	Négative	Négligeable à faible
	Effets du bruit sur la santé publique	Locale	Construction, exploitation	Négative	Négligeable compte tenu du fait que le bruit du trafic ne constitue pas une menace pour la santé publique, même si des nuisances peuvent se produire	Mesures d'atténuation complète pour atténuer les effets du bruit	Négative	Négligeable puisque le bruit du trafic ne constitue pas une menace pour la santé publique, même si des perturbations peuvent se produire
	Effets de la qualité de l'air sur la santé publique	Locale	Construction, exploitation	Négative	Faible compte tenu du fait que, à l'exception possible du trafic, les émissions du projet auront lieu loin de la population	Mesures d'atténuation complète et gamme de meilleures pratiques pour atténuer les effets sur la qualité de l'air	Négative	Négligeable
Changements sociaux et culturels	Transformations économiques, sociales et culturelles	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu de l'urbanisation induite	Aucune mesure d'atténuation directe possible Les retombées positives du projet contribueront à l'amélioration du bien-être global	Négative	Ce changement doit être soupesé avec les avantages liés au statut socio-économique, qui peuvent être uniquement réalisés au détriment de la culture prédominante, quelle que soit la source de l'avantage : conséquence incertaine
Changements dans les relations sociales	Relations sociales moins stables, conflits plus nombreux	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu du déplacement d'une partie importante de la population et de l'urbanisation induite	Aucune mesure d'atténuation directe possible Les retombées positives du projet contribueront à l'amélioration du bien-être global	Négative	Ce changement est généralement considéré comme de conséquence élevée

Tableau 5.1-2 Matrice des impacts des installations du parc à résidus miniers, de l’usine et du port (suite)

PARC A RESIDUS / USINE DE TRAITEMENT								
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)
Perturbations	Perturbation des éléments de la qualité de vie (y compris les activités économiques qui dépendent de l'utilisation des routes) notamment les changements des aspects visuels, du trafic et du bruit	Locale	Construction, exploitation	Négative	Elevée compte tenu de l'urbanisation induite	Mesures d’atténuation complètes pour limiter les effets sur les éléments de la qualité de vie	Négative	Faible à négligeable, à l'exception de potentiellement élevée pour les perturbations liées à la migration interne incontrôlée
Perturbations	Perceptions du danger découlant du projet	Locale	Construction, exploitation	Négative	Moyenne	Formation en santé et sécurité de la main d'œuvre, éducation du public sur les risques réels de danger résultant du projet, planification de l'intervention d'urgence	Négative	Faible
Amélioration du bien-être collectif	Investissement social et économique dans l'économie de la communauté et l'économie agricole	Locale	Exploitation	Positif	Non applicable car il s'agit de retombées propres au projet	Les retombées positives du projet et le développement communautaire contribueront à l'amélioration du bien-être communautaire	Positive	Elevée
	Appui participatif à la planification urbaine	Locale	Exploitation	Positif	Non applicable car il s'agit de retombées propres au projet	Intégration des mesures d'atténuation prévues pour le projet dans le processus de planification urbaine	Positive	Elevée
Fermeture								
Fermeture et effets économiques et sociaux résultant	Fin des opportunités économiques	Locale	Fermeture	Négative	Elevée	Intégration de la planification de la fermeture éventuelle du projet dans les initiatives relatives aux infrastructures sociales par l'application des principes de pérennité La planification concertée de la fermeture et une approche itérative prendront en compte l'avenir des salariés	Négative	Probablement élevée, mais la participation à la planification communautaire durable permettra d'atténuer l'impact

5.2 BIENS CULTURELS

5.2.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets de l'usine de traitement proposée (l'usine) sur les ressources culturelles, conformément aux Termes de référence du projet Ambatovy (le projet).

5.2.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude pour l'évaluation des impacts sur les biens culturels comprend l'empreinte au sol de l'usine. Quelques ressources culturelles ont été identifiées immédiatement à l'extérieur de l'empreinte au sol actuelle; elles sont incluses dans cette étude, car elles peuvent subir les impacts d'activités postérieures à la phase de construction (augmentation de la circulation, etc.).

5.2.3 Résumé de l'étude de référence

Les résultats des études sur les ressources culturelles qui ont été effectuées dans le secteur local d'étude sont résumés ci-dessous. Une description complète de la méthodologie utilisée pour l'étude de référence, les analyses et les résultats est présentée à l'annexe 2.1 du volume K.

5.2.3.1 Méthodologie

Les démarches précédant les travaux sur le terrain comprenaient l'analyse des études historiques antérieures effectuées dans la grande région. Les toponymes régionaux ont aussi été étudiés car les lieux-dits peuvent aider à reconstruire l'histoire particulière d'un secteur.

Le travail sur le terrain a été effectué à Ambatovy entre juin et juillet 2005. L'inspection visuelle du secteur d'étude a été faite par transects pédestres systématiques. La population locale a également été consultée quant aux emplacements de tout site archéologique ou culturel connu dans le secteur. Le système de positionnement global (GPS) a été utilisé pour déterminer les coordonnées des sites trouvés au cours du levé topographique; les sites ont ensuite été cartographiés.

5.2.3.2 Diversité du site

Le tableau 5.2-1 illustre les différents types de sites culturels connus dans l'ensemble de la région.

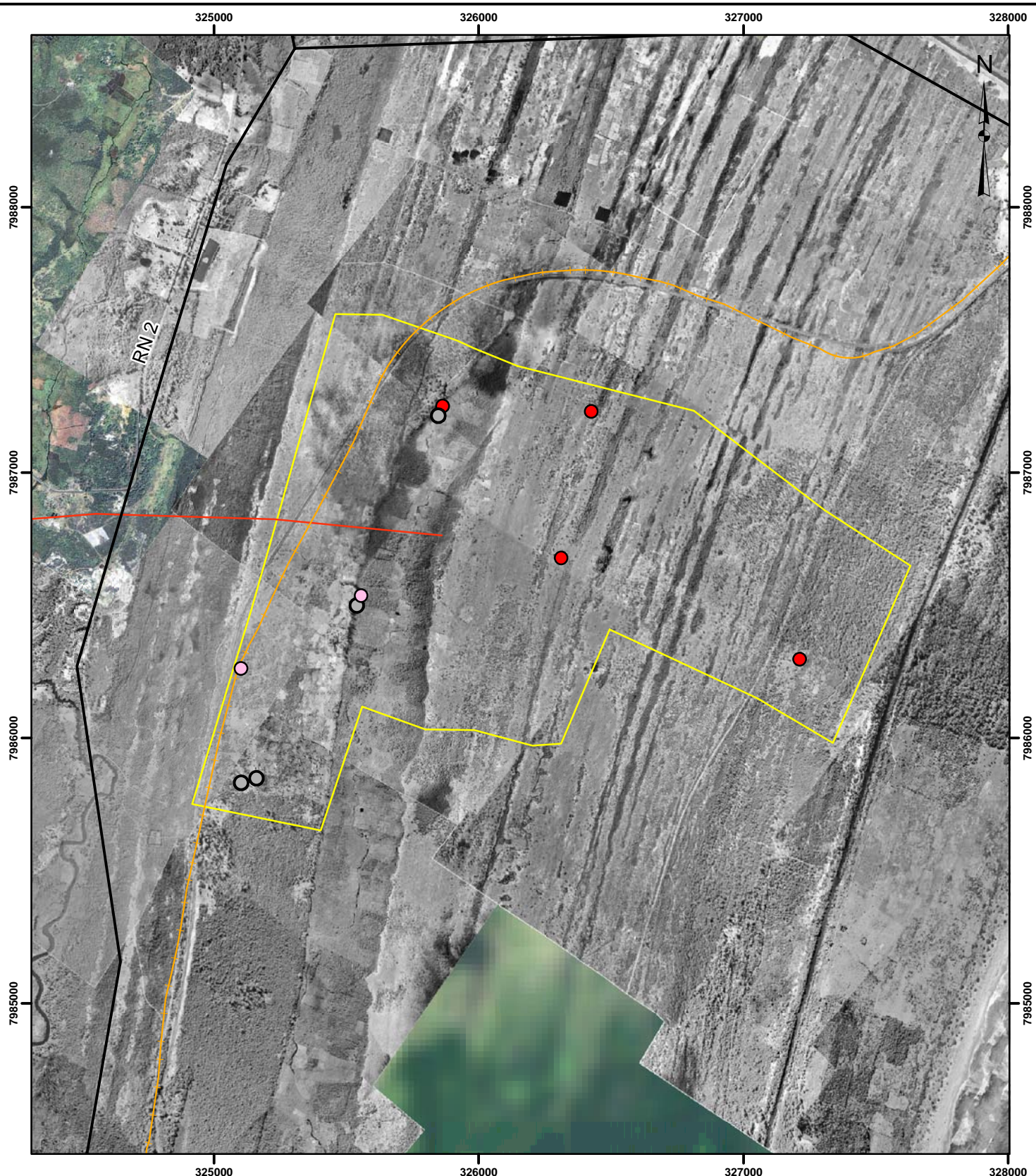
Tableau 5.2-1 Types potentiels de sites culturels dans le secteur d'étude utilisé pour les ressources culturelles

Catégorie de site	Sous-catégorie	Pertinence culturelle
tombeaux	Fasana	considérés comme des résidences ancestrales, 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	symbolisent la pureté, lieux d'offrandes
autres sites culturels / archéologiques	Vatolahy	grande pierre levée commémorant une personne ou un événement important du passé
	Tsangambato	petites pierres levées symbolisant un tombeau
	Tanana Taloha	anciens villages abandonnés

Sauf pour les anciens villages abandonnés qui sont purement archéologiques, les sites présentés au tableau 5.2-1 peuvent être considérés culturels, puisqu'ils continuent à jouer un rôle dans la culture actuelle du secteur.

5.2.3.3 Résultats

L'évaluation du secteur de l'usine a permis de situer six tombeaux, quatre lieux de cérémonies et quatre sites archéologiques sur et autour de l'emplacement de la future usine (figure 5.2-1). Tous ces endroits sont situés à l'intérieur de la limite de propriété de l'usine et ils sont donc considérés dans l'empreinte au sol du projet. Deux regroupements de tombeaux ont été découverts. Le premier contient un seul tombeau appartenant à M. Laza (décédé en 1980). Le second regroupement contient cinq tombeaux appartenant à des personnes de l'extérieur; ces tombeaux sont situés aux environs de la ligne de chemin de fer. Les deux sites de ressources culturelles situés à l'intérieur même de l'emplacement de la future usine comprennent de petits ou de récents vestiges de villages abandonnés. Ils ne sont pas considérés importants et ne devront pas faire l'objet d'autres études (professeur Jean-Aimé Rakotoarisoa, communication personnelle (annexe 2.1 du volume K).



LÉGENDE

- SITE ARCHÉOLOGIQUE
- LIEU DE CÉRÉMONIES
- TOMBEAU
- PIPELINE DE PULPE
- CHEMIN DE FER
- ROUTE
- USINE

RÉFÉRENCE

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

250 0 250 500
 ÉCHELLE 1:20 000 MÈTRES

PROJET

PROJET AMBATOVY

TITRE

**VUE DE L'USINE ET EMPLACEMENT DES
 SITES ARCHÉOLOGIQUES ET CULTURELS**



PROJET No.	03-1322-172	ÉCHELLE TELLE QUE MONTRÉE	REV. 0
DESSINE	LB	13 sep. 2005	
SIG	LL	25 oct. 2005	
VERIF.	GJ	10 fév. 2006	
REV.	DM	10 fév. 2006	

FIGURE: 5.2-1

5.2.4 Portée des enjeux

Les principaux enjeux potentiels liés aux ressources culturelles sont les suivants:

- la destruction de sites culturels durant la construction de l'usine (impacts primaires)
- des perturbations aux sites culturels avoisinants durant et après l'exploitation de l'usine (impacts secondaires et tertiaires)

Les ressources culturelles sont des ressources non renouvelables qui peuvent être situées au niveau du sol ou tout près; elles peuvent aussi être enfouies. Les impacts primaires sur ces ressources comprennent les perturbations causées par la phase de construction du projet, aux endroits où le paysage est perturbé.

Les impacts secondaires sont les impacts indirects qui ont lieu après la phase de construction et l'application des mesures de réhabilitation. Par exemple, l'érosion d'un terrain en pente causée par des altérations de la végétation peut affecter des sites. Les impacts secondaires sont particulièrement préoccupants lorsque des ressources culturelles sont adjacentes aux zones d'aménagement du projet.

Les impacts tertiaires découlent des changements induits par le projet à la démographie et aux habitudes d'occupation du sol. Des taux accrus d'impacts intentionnels et accidentels sont attendus en raison de la fréquentation accrue de la région, si le projet est suffisamment important 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 effet le projet aura-t-il sur les sites archéologiques?
Question clé SE-8	Le projet conduira-t-il à des conflits culturels ou sociaux entre les populations locales et de l'extérieur?
Question clé SE-10	Quel effet une réinstallation, dans le cadre du projet et à l'intérieur du secteur d'impact direct, aura-t-elle sur les habitants?

5.2.5 Evaluation des impacts

5.2.5.1 Méthodes d'évaluation

L'évaluation consistait entre autres à identifier quelles ressources culturelles découvertes durant la phase des travaux sur le terrain subiraient un impact direct causé par les activités de construction.

Les impacts potentiels secondaires liés aux effets hydrologiques ou de l'érosion du sol en dehors de l'empreinte au sol du projet ont été évalués en fonction des impacts prévus dans les sections de l'EIE sur l'hydrologie et les sols (sections 3.6 et 3.2 du volume D).

Les ressources culturelles pourraient subir des impacts tertiaires (en raison de la fréquentation accrue du secteur et/ou du trafic dans le secteur par des résidents de l'extérieur suite à la phase de construction du projet). Ces impacts sont difficiles à prévoir, mais ils peuvent être atténués; le présent rapport ne les traite que dans les grandes lignes.

5.2.5.2 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 moyenne: impact tertiaire sur les ressources culturelles forte: impact primaire sur les ressources culturelles	locale: effet restreint à l'empreinte au sol de l'usine régionale: effet s'étendant au-delà de l'empreinte au sol de l'usine (impact secondaire)	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

5.2.5.3 Analyse des impacts

Impacts résiduels

Deux sites archéologiques sont situés dans le secteur qui sera développé pour l'usine et huit autres ressources culturelles, incluant des sites archéologiques, des lieux de cérémonies et des sites de tombeaux, sont situées à l'intérieur des limites de propriété de l'usine (figure 5.2-1).

Les impacts résiduels durant 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	déplacement probable d'un tombeau et de lieux de cérémonies	intensité neutre, mais effets permanents et irréversibles
exploitation	présence accrue de travailleurs provenant de l'extérieur de la région impacts hydrologiques hors site (secondaires)	formation sur les différences culturelles maintien des régimes hydrologiques	intensité moyenne potentielle, effets à moyen terme et effets réversibles sur les ressources culturelles adjacentes à l'usine aucun
fermeture	aucun	aucune	aucun

5.2.5.4 Mesures d'atténuation

Au pourtour immédiat de la limite de propriété de l'usine proposée et à l'intérieur de cette limite, un ancien village, un tombeau et deux lieux de cérémonies ont été localisés. En raison de leur proximité au site de l'usine, ces sites pourraient subir un impact direct causé par des perturbations, la circulation ou la construction. Les résidents locaux pourraient souhaiter que le tombeau et les lieux de cérémonies soient déplacés vers des lieux plus sécuritaires. La procédure de déplacement des tombeaux est présentée au tableau 5.2-4.

Toute réinstallation nécessaire s'accompagnera obligatoirement du déplacement des tombeaux ou d'autres sites culturels associés aux ménages qui devront être réinstallés, peu importe leur proximité aux zones d'impact causé par la construction.

Tous les autres sites qui ne pourraient pas être réinstallés (autre que les deux sites archéologiques à l'intérieur de l'emplacement principal de l'usine,

lesquels sont d'importance mineure) seront visités et feront l'objet de fouilles avant toute perturbation, afin de consigner les informations de chaque emplacement.

Les impacts tertiaires seront atténués en donnant des formations de sensibilisation culturelle aux travailleurs de l'extérieur et en s'assurant que ceux-ci évitent de visiter les sites de ressources culturelles adjacents à la zone d'impact direct du projet.

Tableau 5.2-4 Procédure générale pour déplacer des tombeaux

Étapes	Procédures	Commentaires
1	identification des propriétaires / des descendants	ceci doit être vérifié formellement
2	discussion initiale sur les options avec les propriétaires	la première rencontre vise uniquement à discuter des options, et non à déterminer la solution définitive
3	visite subséquente pour s'informer des idées et des exigences des propriétaires	le choix du moment et du lieu du déplacement des tombeaux est à la discrétion des propriétaires des tombeaux
4	autre visite pour discuter des : 1) aspects matériels et financiers des exigences stipulées par les propriétaires 2) détails de la cérémonie	
5	début de la construction des nouveaux tombeaux; de nouveaux cercueils probablement requis	cela exigera la tenue d'un petit rituel
6	réunion de tout ce qui est nécessaire : linceul, alcool, zébu, etc.	les résidents locaux pourraient aussi recevoir de l'argent pour accomplir eux-mêmes une partie de ceci
7	le jour désigné, le rituel sera officié par une personne d'importance du village	l'idéal serait de compléter toute la procédure d'exhumation et d'inhumation le même jour

5.2.5.5 Conclusions

Durant la phase de construction, l'usine aura un effet neutre sur les ressources culturelles. Bien que deux sites archéologiques soient situés sur le site de l'usine proposé, ils sont jugés négligeables et aucun autre travail les concernant n'est nécessaire. Huit autres sites culturels se trouvent à l'intérieur des limites de propriété de l'usine et subiront peut-être des perturbations au cours de la construction. Si des groupes locaux le demandent, les tombeaux et les lieux de cérémonies situés à l'intérieur des limites de propriété pourraient devoir être déplacés. Tant que le protocole approprié est suivi, cela pourra être accompli sans altérer la signification culturelle inhérente de ces sites particuliers, ce qui produirait aussi un effet neutre.

Aucun effet secondaire causé par les impacts hydrologiques ou de l'érosion hors site n'est prévu.

Durant la phase d'exploitation, un effet potentiel moyen et à moyen terme pourrait survenir sur les ressources culturelles adjacentes à l'usine, si les résidents de l'extérieur travaillant dans ce secteur sont en contact avec ces ressources culturelles.

Aucun effet n'est prévu durant la phase de fermeture de la mine.

5.3 OCCUPATION DU SOL

5.3.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation environnementale des effets de l'usine de traitement 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 de l'usine de traitement 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 socio-économiques dans le volume D, section 5.1.

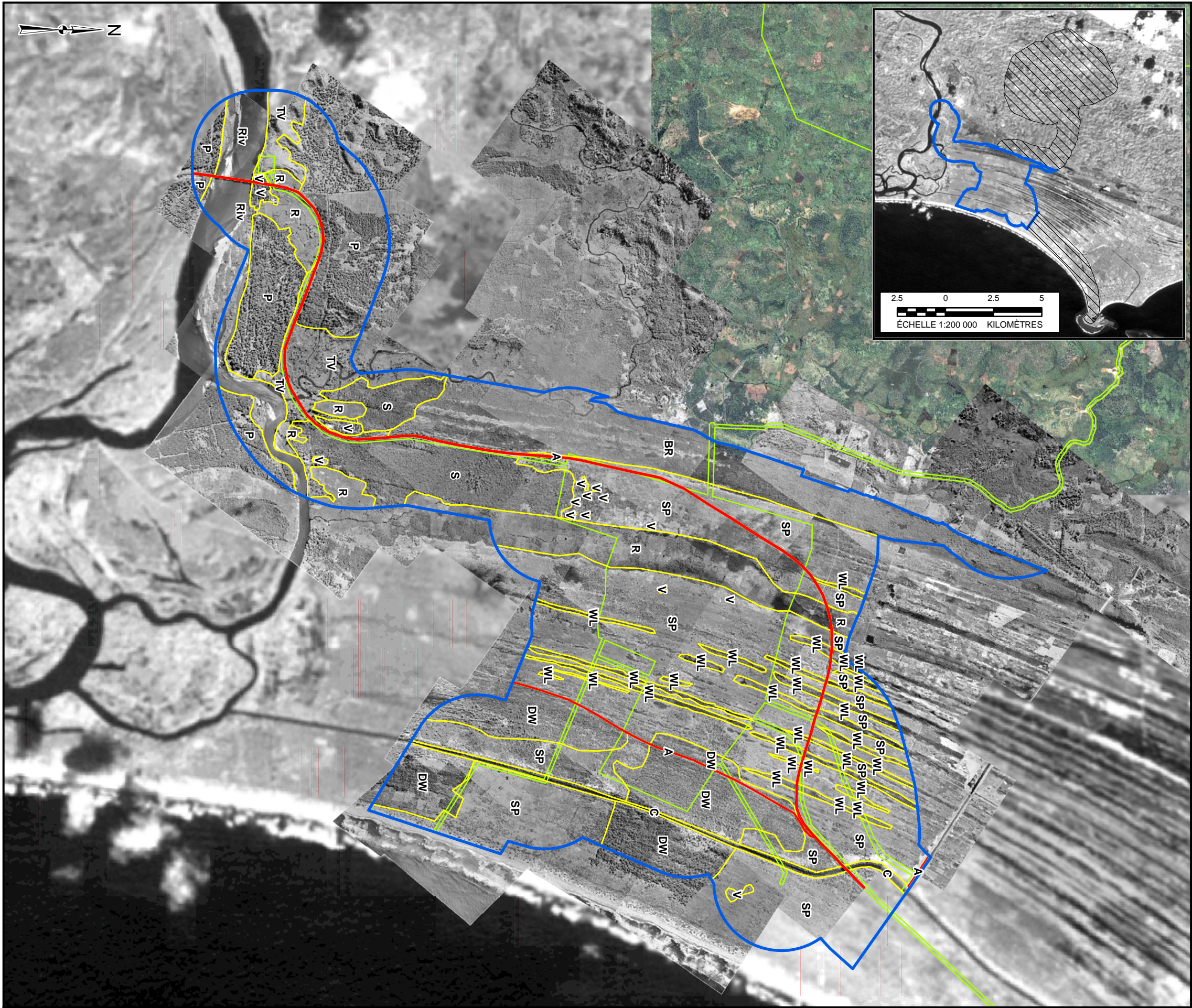
5.3.2 Secteur d'étude

Le secteur local d'étude de l'usine de traitement représente un tiers du secteur local d'étude terrestre de Toamasina présenté dans le volume A, section 7.2, figure 7.2-3. Cette zone comprend la propriété de l'usine de traitement, la conduite de la prise d'eau de la rivière Ivondro, le pipeline d'approvisionnement de la zone prévue pour le terminal de Logistique Pétrolière, le début du couloir d'accès au port vers le nord et le couloir de la conduite de l'exutoire d'eau marine, avec une zone tampon de 500 m autour de ces zones. Les limites spécifiques du secteur local d'étude de l'usine de traitement sont présentées à la figure 5.3-1.

5.3.3 Résumé de l'étude de référence

Les occupations courantes du sol au site de l'usine de traitement comprennent de petites parcelles agricoles et des zones résidentielles (volume K, annexe 3.1, section 3.5.2). La terre de ce secteur a un niveau de productivité relativement faible en raison de la prédominance de sols pauvres et sableux et le secteur a été zoné pour usage industriel par le gouvernement. Toutefois, les plantes cultivées dans le secteur local d'étude dans de petites zones de propriété familiale comprennent le riz, l'eucalyptus, la canne à sucre, la noix de coco, le litchi, le manguier, l'avocat, le jacque, la papaye, la banane, l'ananas, le café et l'orange.

Le secteur local d'étude est à proximité de la lisière de Toamasina, mais à l'extérieur de la limite de développement urbain. Le versant est de la propriété de l'usine comporte une zone de bosquets littoraux résiduels dégradés qui peut être utile à la collecte de produits forestiers autres que le bois d'oeuvre.



LÉGENDE

CLASSES DE VÉGÉTATION ET D'OCCUPATION DU SOL

- A COULOIR D'ACCÈS
- TYPE DE VÉGÉTATION OU D'OCCUPATION DU SOL
- BR CORDON DE DUNE LITTORAL
- C CHENAL
- SP AVANES ARBUSTIVES ET PRAIRIES CÔTIÈRES
- DW BOSQUETS LITTORAUX RÉSIDUELS
- P PLANTATION
- R RIZIÈRES
- S SAVANE ARBUSTIVE
- TV MATRICE DE TAVY
- V VILLAGE
- WL ZONES HUMIDES
- SOUS-SECTEUR LOCAL D'ÉTUDE DE L'USINE
- COULOIR DE PERTURBATION

RÉFÉRENCE

Image mosaïque Landsat 7; prise en avril/sept. 2001
Images mosaïques aériennes; prises 2004
Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

0.5 0 0.5 1
ÉCHELLE 1:30 000 KILOMÈTRES


PROJET		PROJET AMBATOVY	
TITRE		ZONES D'IMPACT SUR L'OCCUPATION DU SOL, SOUS-SECTEUR LOCAL D'ÉTUDE DE L'USINE	
	PROJET No.	03-1322-172.8000	ÉCHELLE TELLE QUE MONTREE
	DESSINÉ	DN 29 juin 2005	REV. 0
	SIG	TN 21 oct. 2005	
	VERIF.	GJ 10 fév. 2006	
	REV.	DM 10 fév. 2006	

FIGURE: 5.3-1

5.3.4 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'élimination de zones agricoles à petite échelle et de zones de propriété familiale, particulièrement la destruction de litchis et de cocotiers, ainsi que d'autres sources alimentaires de subsistance
- l'indemnisation des propriétaires fonciers et des occupants des terres ne détenant pas de titre

La planification de la réinstallation est un enjeu important se rapportant à l'occupation du sol et elle fait l'objet d'un document séparé de l'EIE.

5.3.5 Méthodologie d'évaluation

Les changements d'occupation du sol sont examinés à l'aide d'une analyse spatiale des types de zones d'occupation du sol qui seront altérées par le projet. Les effets des impacts sur l'occupation du sol sont de nature sociale et font l'objet d'une évaluation des impacts dans la section portant sur les aspects socio-économiques (volume D, section 5.1).

5.3.6 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 l'usine de traitement et les changements d'occupation du sol pour l'altération des sols, du terrain et de la végétation, ainsi que pour les pressions croissantes sur l'occupation du sol dues à l'installation de personnes supplémentaires dans la région.

Altération des sols, du terrain et de la végétation

Les impacts de l'usine de traitement sur les zones présentant une variété d'occupations potentielles du sol sont présentés au tableau 5.3-1. Les zones d'impact sont cartographiées à la figure 5.3-1. Toutes les terres incluses dans les limites de la propriété de l'usine de traitement ne seront effectivement plus disponibles pour l'occupation du sol durant et après le projet; seule une étroite bande de terrain le long des corridors linéaires affectés par le projet sera altérée en terme d'occupation du sol.

Tableau 5.3-1 Zones d'impact sur l'occupation du sol du secteur local d'étude de l'usine de traitement

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	166	29	17
forêt azonale/de transition et broussailles	0	0	0
forêt zonale primaire et bordure de marais	0	0	0
forêt zonale primaire dégradée	0	0	0
agroforesterie/forêt secondaire	0	0	0
plantation	151	0	0
terre boisée	0	0	0
cordon de dune littoral	161	1	1
complexe de savane arbustive/prairies côtières	640	220	34
rizières	110	44	40
savane arbustive/herbacée/pâturage	105	6	6
matrice de tavy	59	4	7
village/zone urbaine	9	1	11
zones humides	56	13	23
couloir d'accès (route/chemin de fer)	11	4	36
industrie (bâtiments ou zones d'exploration)	0	0	0
chenal	15	0	0
carrière	3	0	0
rivière/eau	61	0	0
étang saisonnier	0	0	0
total	1 547	322	21

En ce moment, les zones d'occupation du sol de plus grande valeur dans le secteur local d'étude de l'usine de traitement sont les plantations, les terres boisées, les zones de riziculture, les zones villageoises et les carrières. Dans le secteur local d'étude, aucune plantation, terre boisée ou carrière n'est affectée par le projet. Quarante pour-cent (110 ha) des zones potentielles de rizière sont affectées. Onze pour-cent (9 ha) des zones villageoises ou de propriété familiale sont affectées.

Les propriétaires fonciers ainsi que les occupants de terres qui remplissent les conditions requises seront dédommagés au moyen d'une réinstallation sur des

propriétés ayant une capacité agricole équivalente; les processus de réinstallation pourraient toutefois avoir d'autres effets. Ces sujets sont traités dans la section portant sur les aspects socio-économiques (volume E, section 5.1).

Pression démographique accrue

Le projet va entraîner la migration d'un nombre considérable de personnes dans le secteur local d'étude et les zones avoisinantes. Cela pourrait donner lieu à une augmentation de la pression d'occupation du sol pour l'habitation, l'agriculture et la coupe d'arbres pour produire du charbon de bois ou des matériaux de construction. Par conséquent, cette tendance a le potentiel d'avoir des impacts biologiques et sociaux sur le milieu existant. Ces sujets sont traités dans la section portant sur les aspects socio-économiques (volume B, section 5.1).

5.3.7 Mesures d'atténuation

Dans le cas des personnes qui sont directement affectées par le projet, la mesure d'atténuation la plus importante est de fournir aux gens des propriétés supplémentaires et équivalentes dans lesquelles ils se réinstalleront. Les terres prévues pour la réinstallation sont décrites dans le plan de réinstallation. De plus, l'usine de traitement est conçue de façon à occuper la superficie la plus petite possible. Les mesures d'atténuation socio-économiques et d'indemnisation des personnes qui sont directement ou indirectement affectées par le projet sont décrites dans la section portant sur les aspects socio-économiques (volume D, section 5.1). Le pipeline et la conduite seront enfouis et les zones de corridor seront réhabilitées après la construction, tel que décrit dans le volume D, section 6.

5.3.8 Conclusions

Bien qu'une grande partie de la zone de l'usine de traitement ait une valeur limitée pour une occupation agricole du sol, le projet aura un grand effet sur quelques zones d'occupation du sol situées dans la zone immédiate du projet en raison de perturbations directes des terres utilisées pour la culture du riz et d'autres denrées. De petites zones de propriété familiale seront aussi affectées. La réinstallation de certains ménages dans d'autres zones sera nécessaire pour atténuer les effets de ces impacts sur les moyens de subsistance. L'intensité de ces impacts en termes socio-économiques est évaluée dans le volume D, section 5.1.

5.4 SANTE HUMAINE ET ECOLOGIQUE

5.4.1 Introduction

La présente section traite de l'évaluation effectuée en matière de santé humaine et écologique pour le secteur de l'usine de traitement de minerai du projet Ambatovy (le projet). Elle se concentre sur les changements potentiels à la qualité de l'eau, de l'air, des sols et des aliments et sur les effets connexes possibles sur la santé humaine et écologique durant l'exploitation de l'usine et après la fermeture.

Un bref résumé de l'étude de référence du secteur de la mine est fourni à la section 5.4.3. Une analyse des effets potentiels additionnels dus au projet sur la santé humaine et écologique, par rapport aux conditions de référence, est présentée à la section 5.4.4 (Evaluation des impacts).

5.4.2 Secteurs d'étude

Le secteur d'étude se concentre sur les plans d'eau situés dans les bassins versants susceptibles de subir à l'avenir les effets de l'usine de traitement (figure 7.2-3 au volume A, section 7 de l'EIE, Méthodologie et secteurs d'étude). Les secteurs occupés par des communautés qui pourraient se trouver affectées par des changements à la qualité de l'air ont aussi été inclus dans le secteur d'étude. La liste de ces communautés est présentée à la section 3.3, Climat et qualité de l'air.

5.4.3 Résumé de l'étude de référence

5.4.3.1 Introduction

Une description détaillée des méthodes utilisées pour l'évaluation préliminaire des risques du secteur de l'usine de traitement de la mine et les résultats de cette évaluation se trouvent au volume K, annexe 4.1. Un bref résumé est présenté ci-dessous.

5.4.3.2 Méthodes et principaux résultats

Santé humaine

Les risques potentiels causés par l'ingestion d'eau de surface ont été évalués pour des récepteurs critiques (enfant et récepteur composite, c.à.d. un récepteur hypothétique exposé pendant ses trente premières années). L'arsenic, le

plomb et le manganèse sont considérés comme des substances chimiques potentiellement préoccupantes, car leurs concentrations maximales dans l'eau sont supérieures aux directives pour l'eau de boisson. Cependant, la fréquence à laquelle les directives ont été dépassées était faible; deux cas pour l'arsenic, un pour le plomb et le manganèse (sur 11 échantillons prélevés durant la saison des pluies et 10 autres durant la saison sèche). Le seul métal dont la concentration moyenne dépasse les directives est le plomb (en saison sèche).

Les résultats de l'évaluation des risques portent à conclure que les risques d'effets non cancérogènes pour la santé provenant de l'arsenic, du plomb et du manganèse sont de faibles à négligeables aux conditions de référence. Le risque d'effets cancérogènes sur la santé est plus important dans le cas de l'arsenic. Cependant, une bonne partie des données sur l'exposition ont été considérées égales à la moitié d'une limite de détection relativement élevée qui suggérerait, de façon inhérente, un risque élevé de cancer. Par conséquent, il est probable que ce risque apparent s'avère négligeable après la réalisation d'un suivi plus poussé dans le secteur concerné.

Qualité du milieu aquatique

Les récepteurs aquatiques choisis aux fins de l'évaluation étaient des plantes et invertébrés aquatiques et des poissons vivant dans les plans d'eau, ainsi que des invertébrés benthiques dans les zones proches de l'usine de traitement et contiguës au secteur du parc à résidus.

L'aluminium, le cuivre, le fer, le nickel et le zinc ont été considérés potentiellement préoccupants pour la santé des récepteurs aquatiques puisque leurs concentrations maximales mesurées dans l'eau et/ou les sédiments dépassaient les lignes directrices correspondantes pour la protection de la vie aquatique.

Une analyse préliminaire du risque porte à croire que le fer, le cuivre et l'ammoniac présenteraient des niveaux de risque élevés pour certains éléments du biote aquatique, dont les invertébrés et les poissons.

5.4.4 Evaluation des impacts

La présente section de l'évaluation examine les effets néfastes potentiels sur la santé humaine et la qualité du milieu aquatique issus de l'influence combinée de l'usine de traitement et des conditions de référence.

5.4.4.1 Portée des enjeux

Les principaux enjeux soulevés en matière de santé durant la consultation des parties prenantes se rapportent aux changements dans la qualité de l'air et de l'eau et à la façon dont ces changements peuvent affecter la santé humaine.

Les questions clés formulées pour aborder les effets potentiels sur la santé humaine et écologique attribuables au projet et les développements connexes sont indiquées ci-après. Les diagrammes des liens d'impacts potentiels sont fournis au volume H, annexe 9.

Question clé SH-1	Quel effet les émissions de substances chimiques de l'usine de traitement auront-elles sur la santé humaine?
Question clé SH-2	Quel effet les émissions de substances chimiques de l'usine de traitement auront-elles sur les ressources de subsistance?
Question clé SE-1	Quel effet les émissions de substances chimiques de l'usine de traitement auront-elles sur la qualité du milieu aquatique?

Les sections suivantes présentent la méthodologie et l'évaluation qui ont permis de répondre aux questions ci-dessus.

5.4.4.2 Question clé SH-1 Quel effet les émissions de substances chimiques de l'usine de traitement auront-elles sur la santé humaine?

Evaluation des liens d'impacts

Les liens d'impacts potentiels entre le projet de l'usine de traitement et la santé humaine ont été évalués dans le but de répondre à la question clé SH-1. Les liens d'impacts potentiels suivants ont été analysés :

- entre les changements à la qualité de l'eau et la santé humaine
- entre les changements à la qualité de l'air et la santé humaine
- entre les changements à la qualité des sols et la santé humaine
- entre les changements à la qualité des aliments et la santé humaine

Qualité de l'eau

Bien que l'arsenic, le plomb et le manganèse aient été considérés comme des substances chimiques potentiellement préoccupantes dans l'eau potable au moment de l'étude de référence (voir la section 5.4.3, Résumé de l'étude référence), aucun impact additionnel sur la santé humaine n'est attendu. En effet, les résultats de l'évaluation de la qualité de l'eau (section 3.9 du présent volume) indiquent que les impacts de l'exploitation de l'usine de traitement devraient s'avérer négligeables en raison des mesures d'atténuation prévues.

Etant donné les prévisions selon lesquelles les paramètres de la qualité de l'eau ne devraient pas changer sensiblement durant l'exploitation de l'usine et après sa fermeture, le lien d'impact entre les changements à la qualité de l'eau et la santé humaine (par l'utilisation des cours d'eau comme source d'eau potable) a été considéré non valide. Par conséquent, ce lien n'a pas été retenu pour une évaluation plus poussée.

Qualité du poisson

Comme il a été prévu que les concentrations de substances chimiques dans l'eau de surface ne devraient pas changer, aucune augmentation marquée des substances chimiques ne devrait se produire dans les tissus de poisson par rapport aux conditions actuelles. Par conséquent, le lien d'impact entre les changements à la qualité du poisson et la santé humaine a été considéré non valide et n'a pas été retenu pour une évaluation plus poussée.

Qualité de l'air

Ce lien d'impact a été considéré valide parce que les gens vivant dans les communautés voisines pourraient être exposés aux substances chimiques émises dans l'atmosphère par l'usine de traitement.

Qualité des sols

Les substances chimiques émises dans l'atmosphère durant l'exploitation de l'usine de traitement peuvent se déposer sur le sol et il y a un risque que des gens entrent en contact avec le sol, inhalent des particules de poussière ou ingèrent accidentellement de la terre. Le lien d'impact entre les changements à la qualité des sols et la santé humaine a donc été considéré valide et a été retenu pour une évaluation plus poussée.

Qualité des produits agricoles

A cause de la présence de sols sablonneux et pauvres, la culture du riz ne prédomine pas dans le secteur de l'usine de traitement comme il le fait dans tant d'autres régions de Madagascar. Les petites propriétés familiales cultivent le riz,

l'eucalyptus, la canne à sucre, la noix de coco, le litchi, la mangue, l'avocat, le jacque, la papaye, la banane, l'ananas, le café et l'orange (volume K, annexe 3.1). Les changements à la qualité des sols par suite du dépôt de contaminants atmosphériques pourraient mener à une augmentation des substances chimiques dans les plantes. Le lien d'impact entre les changements à la qualité des produits agricoles et la santé humaine a donc été considéré valide et a été retenu pour une évaluation plus poussée.

Méthodes d'évaluation

Les évaluations ont été menées en conformité avec des méthodes d'évaluation des risques reconnues par Santé Canada (SC, 2003) et la United States Environmental Protection Agency (USEPA, 1992 et 1998). L'approche méthodologique détaillée, ainsi que les caractéristiques des récepteurs et les valeurs de toxicité de référence, sont présentées à l'annexe sur la santé humaine et écologique (volume K, annexe 4.2).

Critères de description des impacts

Les critères d'évaluation utilisés en matière de santé humaine sont les mêmes que ceux définis pour le secteur de la mine (volume B, section 5.4).

Résultats

Risques associés à l'inhalation d'air

Les concentrations maximales prévues des substances chimiques dans l'air sur une heure, 24 heures et une année ont été comparées aux limites d'exposition aiguë et chronique existantes (lignes directrices pour la qualité de l'air sur 1 heure, 24 heures et annuelles). Le tableau 5.4.1 présente les plus fortes concentrations atmosphériques attendues dans le secteur d'étude. Les concentrations de toutes les substances sont inférieures aux limites d'exposition existantes, qui sont des critères pour la santé de l'OMS, de l'USEPA et de l'OME (tableau 5.4-1). Par conséquent, aucun effet sur la santé ne devrait survenir, dans les communautés évaluées, par suite des émissions à court et à moyen termes du site de l'usine de traitement.

Tableau 5.4-1 Comparaison entre la qualité de l'air prévue durant l'exploitation de l'usine de traitement et les lignes directrices pour la qualité de l'air

Paramètre	Lignes directrices pour la qualité de l'air [µg/m³]			Valeurs maximales prévues [µg/m³]		
	Max. 1 h	Max. 24 h	Annuelle	Max. 1 h	Max. 24 h	Annuelle
SO ₂	500 ^(a,b)	125 ^(a)	50 ^(a)	318 ^(h)	55 ^(h)	6 ^(h)
NO ₂	200 ^(a,b)	40 ^(a)	120 ^(a)	104 ^(h)	17 ^(h)	2 ^(h)
H ₂ S	200 ^(a)	120 ^(a)	-	35 ⁽ⁱ⁾	9 ⁽ⁱ⁾	non estimée
PM _{2,5}	-	65 ^(d)	15 ^(d)	non estimée	1,5 ^(h)	0,2 ^(j)
PM ₁₀	-	150 ^(d)	50 ^(d)	non estimée	1,5 ^(h)	0,2 ^(j)
arsenic	0,75 ^(e)	0,3 ^(f)	0,06 ^(g)	0,098 ^(h)	0,015 ^(h)	0,002 ^(h)
plomb	1,75 ^(e)	0,7 ^(f,g)	0,14 ^(g)	0,092 ^(h)	0,014 ^(h)	0,001 ^(h)
mercure	5 ^(e)	2 ^(f)	0,4 ^(g)	0,003 ^(h)	0,0004 ^(h)	0,00004 ^(h)

(a) Organisation mondiale de la santé (OMS) (2000).

(b) Temps de la moyenne : 10 minutes.

(c) Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) (2002).

(d) USEPA (<http://www.epa.gov/air/criteria.html> visité en octobre 2005).

(e) OME (2001). Calculé à partir des lignes directrices sur 24 heures utilisant les facteurs de conversion du temps de la moyenne (OME, 2004).

(f) OME (2001).

(g) 0,7 - 30 jours +; autrement 2.

(h) Valeurs prévues pour la communauté d'Ambatoroa située à 1,6 km au NE du site de l'usine.

(i) Valeurs prévues pour la communauté d'Ampirasantany située à 1,5 km au SW du site de l'usine.

(j) Valeurs prévues pour la communauté de Manamboasio située à 1,4 km au NNE du site de l'usine.

Risques associés à l'ingestion de sol

Les concentrations additionnelles de métaux et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les sols de surface ont été estimées au moyen des taux de dépôt des substances chimiques atmosphérique susceptibles d'être émises durant l'exploitation de l'usine de traitement. Les émissions ont été estimées à partir des facteurs d'émissions de HAP pour les chaudières au charbon (USEPA, 1998c). Les taux de dépôt estimés pour la communauté d'Antsiranandakana ont été utilisés dans les calculs parce qu'ils correspondent aux taux les plus élevés des vingt communautés évaluées.

Les risques non cancérogènes ont été calculés pour le récepteur enfant et les risques cancérogènes pour le récepteur composite. La dose totale considérée englobe l'ingestion accidentelle de sol, le contact cutané et l'inhalation de poussière.

Les résultats suggèrent que les risques additionnels pour la santé seraient négligeables pour les enfants et seraient faibles à probablement négligeables pour

un récepteur composite vivant dans la communauté d'Antsiranandakana (volume K, annexe 4.2, tableaux 4.2-16 et 4.2-17). Etant donné que les concentrations dans le sol dans toutes les communautés devraient être égales ou inférieures aux niveaux prévus pour Antsiranandakana, le risque additionnel pour les récepteurs de toutes les autres communautés a aussi été considéré comme allant de faible à négligeable.

Risques associés à l'ingestion de produits agricoles

Les concentrations additionnelles de métaux et d'hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) dans les légumes poussant sous la surface du sol (c.-à-d. les légumes-racines comme le manioc) ont été estimées à partir des concentrations prévues dans les sols d'Antsiranandakana (la communauté où devraient se trouver les plus fortes concentrations du secteur d'étude) et à partir des facteurs trouvés dans la littérature concernant la bioconcentration dans les racines à partir du sol. Les concentrations de substances chimiques dans les légumes poussant au-dessus du sol (par ex. le riz) ont été calculées au moyen des taux de dépôt des polluants atmosphériques et d'assimilation des substances chimiques du sol par les racines.

La dose totale de chaque substance chimique a été estimée en additionnant les doses ingérées des deux catégories de légumes. Les risques non cancérogènes ont été estimés pour les récepteurs critiques. Les résultats sont présentés au volume K, annexe 4.2, tableaux 4.2-18 et 4.2-19. Le risque additionnel attribuable à l'ingestion de produits agricoles a été considéré négligeable pour l'enfant et de faible à probablement négligeable pour le récepteur composite.

5.4.4.3 Question clé SH-2 Quel effet les émissions de substances chimiques de l'usine de traitement auront-elles sur les ressources de subsistance?

Evaluation des liens d'impacts

Qualité de l'eau

Le bétail n'est généralement pas un élément important des ressources de subsistance dans ce secteur d'étude. Peu de ménages ont du bétail et les animaux d'élevage ne semblent pas avoir une grande valeur économique. L'économie du secteur ne peut être considérée comme basée sur l'agriculture, à cause notamment des sols qui sont sablonneux et pauvres (volume K, annexe 1.1 portant sur les aspects socioéconomiques de référence).

Le lien d'impact entre les changements dans la qualité de l'eau et les ressources de subsistance n'a pas été examiné davantage parce que, selon les prévisions, les

concentrations de substances chimiques dans les eaux de surface ne devraient pas changer considérablement durant l'exploitation de l'usine (se reporter à la section sur l'évaluation de la qualité de l'eau dans le présent volume), et parce que le bétail, les récoltes et la pêche ont une importance limitée en tant que ressources de subsistance des communautés établies à proximité du site de l'usine de traitement.

5.4.4.4 Question clé SE-1 Quel effet les émissions de substances chimiques de l'usine de traitement auront-elles sur la qualité du milieu aquatique ?

Evaluation des liens d'impact

Qualité de l'eau et des sédiments

L'ammoniac, l'aluminium, le cuivre, le fer, le nickel et le zinc ont été considérés comme des substances potentiellement préoccupantes pour la santé des récepteurs aquatiques dans les conditions de référence. Il est toutefois anticipé que leurs concentrations dans l'eau et dans les sédiments des rivières n'augmenteront pas de façon substantielle durant l'exploitation de l'usine de traitement et après la fermeture. Par conséquent, les risques additionnels pour le biote aquatique dans les plans d'eau de surface proches du site devraient être négligeables. L'évaluation de ce lien d'impact n'a donc pas été poussée plus avant.

5.4.4.5 Atténuation

Les mesures d'atténuation applicables aux risques pour la santé humaine et la qualité du milieu aquatique ont été abordées au cours de l'évaluation de la qualité de l'eau (présent volume). Les résultats de l'évaluation de risques suggèrent qu'aucune mesure d'atténuation supplémentaire n'est requise.

5.4.4.6 Impacts résiduels

Le tableau 5.4-2 présente la classification des impacts résiduels sur la santé humaine et la qualité du milieu aquatique dans le secteur de l'usine de traitement.

Les impacts sur la santé humaine ont été classés comme étant d'intensité faible, probablement négative et négligeable, de portée locale (limitée aux communautés situées à environ 2 km du site de l'usine), de durée moyenne (c.-à-d. jusqu'à la fermeture du site), réversibles et de fréquence élevée (survenant en continu). Il est donc prévu que la conséquence de ces impacts sur l'environnement sera de niveau négligeable à faible.

Aucun impact résiduel n'est prévu sur les ressources de subsistance ni sur la qualité du milieu aquatique.

Tableau 5.4-2 Classification des impacts résiduels sur la santé humaine et la qualité du milieu aquatique – usine de traitement

Orientation	Intensité	Portée géographique	Durée	Réversibilité	Fréquence	Conséquence sur l'environnement
Question clé SH-1 Quel effet les émissions de substances chimiques de l'usine de traitement auront-elles sur la santé humaine?						
négative	faible et probablement négligeable	locale	moyen terme (exploitation)	réversible	élevée	négligeable à faible

5.4.4.7 Surveillance

La surveillance de l'air et de l'eau sera effectuée de la façon décrite aux sections 3.3 et 3.8 du présent volume, afin de veiller à ce que les mesures d'atténuation appliquées fonctionnent correctement et que les concentrations soient égales ou inférieures aux critères.

5.4.5 Conclusions

La présente évaluation a étudié les effets néfastes potentiels pour la santé à la suite d'émissions de substances chimiques provenant du site de l'usine de traitement, et cela en combinaison avec les conditions de référence. Les risques additionnels pour les humains associés à l'ingestion d'eau potable, de poisson et de produits agricoles, ainsi qu'à l'inhalation d'air, au contact cutané avec le sol et à l'ingestion accidentelle de sol, durant l'exploitation de l'usine de traitement et après la fermeture, sont considérés comme étant faibles à négligeables. Les impacts potentiels sur les ressources aquatiques et le bétail sont aussi considérés négligeables.

5.5 TRAFIC

5.5.1 Introduction

Cette section présente l'évaluation des impacts environnementaux de l'usine de traitement et du parc à résidus 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 d'un 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 à l'usine de traitement et au parc à résidus sont la route nationale (RN) 2 dans le voisinage immédiat de Toamasina, la route d'accès direct qui sera achevée entre le port de Toamasina et le site de l'usine de traitement, et la route de crête qui relie la RN2 au parc à résidus. Les effets du trafic sur ces routes sont évalués.

5.5.3 Résumé de l'étude de référence

La route nationale 2 est une route revêtue à deux voies en bon état. La voie d'accès direct entre le port et l'usine de traitement se trouve présentement en mauvais état; certaines sections à Toamasina sont en partie revêtues alors que d'autres sections au sud de Toamasina sont en terre ou n'ont pas encore été construites. La route de crête qui mène au parc à résidus est un chemin de terre en mauvais état, uniquement praticable par des véhicules tout-terrain (4 x 4).

Les volumes de trafic de référence sur la RN2, dans le voisinage immédiat de Toamasina, pour une période de 24 heures, et la voie d'accès direct entre le port et l'usine de traitement sont décrits au tableau 5.5-1. Les volumes de trafic de référence sur la route de crête qui mène au futur parc à résidus n'ont pas été mesurés, mais ceux-ci sont très faibles.

Tableau 5.5-1 Etude sur les niveaux de trafic de référence

Type de véhicule	Volume de trafic sur 24 heures sur la partie existante de la voie d'accès entre le port et l'usine de traitement (à Toamasina)		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	684	548	326	351
transport de personnes	269	306	204	212
transport de marchandises	168	149	319	243
véhicules motorisés à deux roues	5312	4883	3574	3628
véhicules non motorisés	1 299	1 216	616	694
total	7732	7102	5039	5128

Le taux d'accident prévu selon les conditions de référence est de 3,12 accidents par million de kilomètres-véhicule parcourus sur la RN2 et les autres voies publiques utilisées dans le cadre du projet.

5.5.4 Portée des enjeux

Les enjeux clés ayant trait au trafic 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 aux conditions de référence, à cause de la vitesse rapide des véhicules
- 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
- les accidents: avec un accroissement du trafic au cours du projet, de quelle façon pourrait-on empêcher une augmentation du taux d'accidents question posée 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 du débit du trafic peut causer des perturbations à cause de la poussière, du bruit et des émissions des véhicules pour les populations situées le long des routes, et un impact qui est plus sévère dans la mesure où le trafic se retrouve sur 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.
- Une augmentation du volume de trafic pourrait augmenter le niveau de congestion, plus précisément dans la ville de Toamasina, laquelle constate déjà une hausse considérable des congestions à la suite de la combinaison sur les voies urbaines du trafic de transport et de nombreux piétons, cyclistes, pousse-pousse et animaux qui y circulent également.

Aucune question clé n'est traitée dans cette section. Bien que les changements du trafic y soient décrits, 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 évalués qualitativement.

5.5.5.2 Résultats

Le site de l'usine se trouve à l'est de la RN2 à l'entrée de Toamasina. La circulation en direction du site de l'usine se fera sur la RN2 sur une distance d'environ 6 km jusqu'à la route d'accès à l'usine (qui entre sur le site de l'usine en provenance de l'ouest) et sur la voie d'accès direct, d'une longueur de 8 km, entre l'usine et le port. Cette dernière sera construite par la ville de Toamasina et par l'état malgache (sections 1 et 2, volume D), et mènera à l'usine de traitement par le nord-est.

Le parc à résidus sera essentiellement situé en face de l'usine de traitement, de l'autre côté de la RN2. Tout impact sur le trafic, attribuable au parc à résidus, sera combiné aux impacts entraînés par l'usine sur la RN2, aux abords de Toamasina. La circulation en provenance de Toamasina qui se rend au parc à résidus devra parcourir 4 km sur la RN2.

Les impacts sur le trafic se feront sentir pendant les phases de construction et d'opération du projet. Les effets de la phase de construction sont souvent plus intenses étant donné que l'équipement et les matériaux de construction sont déplacés jusqu'au site, que la main d'œuvre lors de la construction est généralement plus nombreuse que pour l'opération et que la construction elle-même, que ce soit pour améliorer l'état des routes ou les installations connexes en bordure des routes, peut nuire au débit de la circulation. Durant ce projet, les niveaux de congestion les plus élevés seront observés à Toamasina, sur les routes qui mènent à ces deux voies d'accès, étant donné que le trafic y est déjà le plus congestionné.

Les impacts potentiels comprennent la perturbation de la population locale, les accidents, les impacts environnementaux et les impacts sociaux résultant de déversements, de la congestion et de la migration des populations le long de la route afin de desservir une circulation additionnelle.

Volumes du trafic

Les changements dans les volumes de trafic attribuables au projet reposent sur une estimation du nombre de véhicules particuliers, de camions de ravitaillement et d'autobus (transport des travailleurs) qui seront nécessaires quotidiennement aux opérations. Le nombre de véhicules requis au cours des phases de construction et d'opération du projet et pour chacun des principaux segments de route est résumé dans le tableau 5.5-2. Ces chiffres représentent une petite fraction du trafic de référence actuel inscrit dans le tableau 5.5-1.

Les principaux impacts du projet en ce qui a trait aux volumes du trafic se feront sentir au cours de la phase de construction, plus précisément sur la voie d'accès direct entre l'usine de traitement et le port. Les niveaux de trafic sur cette route à la hauteur de Toamasina démontrent qu'elle est déjà extrêmement congestionnée pendant les heures de pointe. Pendant les périodes de construction, le nombre de camions sur la route augmentera de 30 % en semaine et de 34 % les week-ends. Le nombre de véhicules particuliers et d'autobus sur la voie d'accès direct connaîtra une hausse moins considérable. Sur la RN2 près de Toamasina, la circulation des camions ne sera pas touchée mais le nombre d'autobus augmentera de 10 %, et le nombre de véhicules particuliers, d'environ 3 %.

Tableau 5.5-2 Nombre de véhicules par jour^(a)

Phase du projet	Types de véhicule	RN2 à proximité de Toamasina	Voie d'accès direct entre le port et l'usine
construction (3 ans) (nombre d'allers-retours par jour)	automobiles	10	10
	camions	0	51
	autobus	16	15
	total	26	76
opération (27 ans) (nombre d'allers-retours par jour)	automobiles	10	10
	camions	0	40
	autobus	14 / 6	14 / 6
	total	24 / 16	64 / 56

^(a) Estimation faite en date de mai, 2005

Au cours de la phase d'opération, les changements dans les volumes de trafic seront, encore une fois, plus marqués sur la voie d'accès direct entre l'usine de traitement et le port, étant donné que cette route sera empruntée par les camions aux fins de la livraison de produits de l'usine de traitement jusqu'au port. La circulation des camions connaîtra une hausse de 25 % par rapport au trafic de référence. Sur la RN2, les effets sur la circulation seront davantage marqués en semaine que les week-ends; pendant les week-ends, le nombre d'autobus sur la RN2 augmentera d'environ 10 % entre la ville et l'usine de traitement. Pendant les fins de semaine, la variation sera d'environ 4 %.

Le volume de trafic enregistré sur la route de crête qui mène au parc à résidus est prévu être faible par rapport à celui de l'usine de traitement. Toutefois, puisque les niveaux du trafic de référence sont extrêmement faibles, le trafic lié au projet représentera une forte proportion du trafic sur cette route au cours des phases de construction et d'opération.

Compte tenu des effets économiques du projet, la création d'autres entreprises et le travail des entrepreneurs pourraient être à l'origine d'un volume de trafic supplémentaire, lequel est difficile à prévoir quantitativement et ne figure pas dans le tableau 5.5-2.

En fonction du nombre de véhicules estimés dans le tableau 5.5-2, les distances totales qui seront parcourues chaque année par les véhicules du projet sur les principales routes d'accès sont résumées au tableau 5.5-3.

Tableau 5.5-3 Kilomètres-véhicule par année

Phase du projet	Types de véhicule	RN2 à proximité de Toamasina	Voie d'accès direct entre le port et l'usine
construction (3 ans) (km par année)	automobiles	43 800	58 400
	camions	0	297 840
	autobus	70 080	87 600
	total	113 880	443 840
opération (27 ans) (km par année)	automobiles	43 800	58 400
	camions	0	233 600
	autobus	51 720	68 340
	total	95 520	360 340

Selon le nombre de kilomètres, l'impact le plus élevé du projet se fera sentir sur la voie d'accès direct entre l'usine de traitement et le port. Il est prévu que la phase de construction entraînera les impacts les plus élevés.

Les effets sur le volume du trafic seront davantage marqués à Toamasina, ville où l'engorgement des routes est le plus grand. Il est fort probable que le projet fasse augmenter l'engorgement des voies de circulation à Toamasina, à moins que des voies de contournement supplémentaires ne soient construites afin de recevoir la circulation en provenance du port.

En plus de la circulation routière, l'usine de traitement sera desservie par le train. Pendant la période de construction, 14 wagons par jour effectueront l'aller-retour entre le port et l'usine sur une voie ferrée distincte de la ligne principale de Madarail à l'extérieur de Toamasina. La construction de ce projet fera doubler le trafic ferroviaire sur la servitude du chemin de fer entre le port et l'usine de traitement. Au cours de l'opération¹, il est prévu que quatre trains par jour effectueront un voyage aller-retour afin de livrer des matériaux et des produits à destination et en provenance du port, avec 23 wagons par convoi, selon un horaire régulier sur une période de 24 heures. L'opération de ce projet entraînera un accroissement du trafic ferroviaire sur la servitude du chemin de fer, entre le port et l'usine de traitement, de cinq fois supérieur aux niveaux de référence.

A l'intérieur de la zone portuaire, une augmentation du volume du trafic, incluant un potentiel de congestion des routes et des voies ferrées aura lieu. Les impacts et

¹ Depuis que cette étude a été complétée, une fréquence plus importante de train plus petit ont été sélectionnée pour rencontrer la demande en transport entre le port et l'usine de traitement.

les mesures d'atténuation en relation avec le trafic, seront traitées une fois un plan détaillé du projet est finalisé.

Taux d'accidents

Un taux d'accidents (mesuré en fonction du nombre d'accidents survenus pour un million de kilomètres-véhicule parcourus) de 3,12 par million de kilomètres-véhicule selon les statistiques du gouvernement malgache a été enregistré sur la RN2 entre Brickaville et Toamasina. Les conditions routières sur les autres parties de la RN2 et à l'intérieur de Toamasina 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 décrits dans le tableau 5.5-4.

Tableau 5.5-4 Changements dans le nombre d'accidents attribuables au projet

	RN2 à proximité de Toamasina	Voie d'accès direct entre le port et l'usine
kilométrage du trafic de référence par année	1 861 500 voyages x 6 km = 11,2 millions de km	2 737 500 voyages x 3 km ^(a) = 8,2 millions de km
taux d'accidents de référence	35 par année	26 par année
kilométrage du trafic par année pendant la construction	niveau de référence + 0,11 million km	niveau de référence + 0,44 million de km
kilométrage du trafic par année au cours de l'opération	niveau de référence + 0,09 million km	niveau de référence + 0,36 million de km
hausse (et taux d'augmentation) du nombre d'accidents pendant la construction (sans mesures d'atténuation)	<1 accident	1 accident (4 %) par année
hausse (et taux d'augmentation) du nombre d'accidents au cours de l'opération (sans mesures d'atténuation)	<1 accident	1 accident (4 %) par année

^(a) La partie existante initiale de la route mesure 3 km.

Perturbations causées par le bruit et les vibrations

Bruit

L'évaluation du bruit produit par la circulation ne s'intéresse qu'aux véhicules motorisés. Les principales sources de bruit propres aux véhicules motorisés sont les suivantes:

- le moteur
- l'interaction des pneus du véhicule avec la surface de roulement

Il est prévu que la quantité de bruit générée par les véhicules individuels utilisés dans le cadre du projet soit 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 les trois voies publiques qui font l'objet d'une évaluation augmente généralement de moins de 1 % sur la RN2 près de Toamasina, et de 1 à 2 % sur la partie existante de la voie d'accès direct de l'usine de traitement pendant les phases de construction et d'opération. Les changements dans les divers types de véhicule varieront de 1 à 3 % pour ce qui est des voitures particulières, de 5 à 7 % pour ce qui est des autobus (transport des travailleurs), et jusqu'à 34 % pour les camions de marchandises pendant la période de construction. On accorde plus d'importance aux changements relatifs à la circulation des camions et des autobus étant donné que ces gros véhicules génèrent habituellement plus de bruit que des voitures particulières.

Les changements du trafic peuvent également être exprimés du point de vue de l'environnement récepteur, à savoir le nombre de passages de véhicules par heure. Le bruit est perçu 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 six véhicules à l'heure. Sur la voie d'accès direct entre le port et l'usine, on peut s'attendre à trois ou quatre camions à l'heure pendant la construction et jusqu'à trois camions par heure au cours de l'opération normale. Cette analyse est présentée dans le tableau 5.5-5.

Les changements aux niveaux de bruit sur la route d'accès au projet dépendront du trafic actuel. En ce qui concerne la partie existante de la route, un accroissement du trafic lié au projet est attendu et, par conséquent, suivi d'une hausse des niveaux de bruit. Une partie de cette route n'a pas encore été construite. 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. L'accroissement de la circulation sur cette route est faible, soit de quatre à cinq véhicules à l'heure en moyenne, ou un véhicule à toutes les 12 à 15 minutes.

Tableau 5.5-5 Nombre de passages (occurrences de bruit) par heure, aux heures de clarté

Type de véhicule	Voie d'accès direct entre le port et l'usine			RN 2 à proximité de Toamasina		
	Minimum en semaine/ week-end	Nombre attribuable au projet	Nombre total de passages par heure	Minimum en semaine/ week-end	Changement attribuable au projet	Nombre total de passages par heure
Construction						
voitures particulières	31	1	32	19	1	19
transport de personnes (autobus)	15	1	16	12	1-2	13-14
transport de marchandises (camions)	9	3-4	12-13	14	0	14
véhicules motorisés à deux roues	279	0	279	204	0	204
total	334	5-6	339-340	249	2-3	250-251
Opération						
voitures particulières	31	1	32	19	1	19
transport de personnes (autobus)	15	1/<1	15-16	12	1/<1	12-13
transport de marchandises (camions)	9	3	12	14	0	14
véhicules motorisés à deux roues	279	0	279	204	0	204
total	334	4-5	338-339	249	0-1	249-250

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 RN2 est une route revêtue généralement en bon état. Les effets du trafic sur cette route, en ce qui a trait aux vibrations, devraient être minime. Les routes qui traversent Toamasina sont très fréquentées et peuvent présenter davantage d'irrégularités (nids-de-poule et dommages découlant de l'usage) en raison des

niveaux de trafic actuels. Les changements aux niveaux actuels de vibrations au sol à Toamasina dépendront de l'augmentation des véhicules liés au projet. Comme le démontre le tableau 5.5-5, la route d'accès direct (passant par Toamasina) desservira, pendant la période de construction, 44 % plus de camions, et 7 % plus d'autobus, et connaîtra une hausse légèrement inférieure au cours de la phase d'opération.

Les changements en matière de vibrations au sol sur la route d'accès au projet dépendront du niveau de trafic actuel et des conditions routières. Le niveau de trafic lié au projet sur cette route est prévue être aussi élevé que six véhicules à l'heure, y compris jusqu'à cinq poids lourds. On prévoit que la surface de la chaussée soit pavée. 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. A Toamasina, Dynatec collaborera avec l'administration municipale afin de déterminer les procédures locales appropriées (routes et limites de vitesse) relativement aux véhicules liés au projet qui circulent dans la ville. Des mesures particulières seront prises pour les gros véhicules qui traverseront Toamasina pendant la phase de construction.

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 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 présence du port, du parc à résidus et de l'usine de traitement dans la région de Toamasina causera une augmentation importante du volume de trafic au cours des phases de construction et d'opération du projet. Cette hausse du trafic affectera les routes de Toamasina, la RN2 et les autres routes qui seront construites. Pendant la période de construction, le nombre de camions sur la voie d'accès direct entre le port et l'usine connaîtra une hausse pouvant aller jusqu'à 34 %. Sur la RN2, le nombre de camions augmentera de 10 % et les véhicules particuliers, de 3 %. Le trafic ferroviaire entre le port et l'usine de traitement augmentera d'environ 100 % pendant la construction et de 400 % au cours de l'opération. Les mesures d'atténuation, y compris les 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 permettront de réduire les impacts du projet sur la circulation. A la suite de la mise en œuvre des mesures d'atténuation, les impacts résiduels sur la circulation de la région de Toamasina pourraient affecter les résidences le long des routes, la sécurité humaine et le bétail à la suite de l'engorgement des routes, du bruit, des émissions dans l'atmosphère, de la poussière et des vibrations. Ces effets représentent un impact modéré dans certaines régions, particulièrement à Toamasina et sur les routes d'accès qui sont peu utilisées en ce moment, telles que la voie d'accès directe projetée entre le port et l'usine de traitement et la route de crête qui relie la RN2 à l'installation de résidus. Le trafic ferroviaire lié au projet fera usage d'une nouvelle voie située sur une servitude ferroviaire déjà existante de façon à empêcher une congestion avec le trafic ferroviaire existant.

6 PLAN DE REHABILITATION ET DE FERMETURE

A l'achèvement du projet, l'usine de traitement sera soumise à une évaluation afin de définir une éventuelle utilité à d'autres projets industriels. Il est prévu que le site soit partiellement démantelé et vendu à un autre industriel permettant ainsi aux retombées positives des installations construites de continuer à supporter l'économie locale. Les bâtiments et infrastructures sur le site qui ne présentent aucune utilité seront démantelés et évacués du site lors de la fermeture du projet. Les déchets seront enlevés du site et éliminés de façon appropriée. Toutes les zones connues ou suspectées de contenir des sols contaminés, telle que des zones d'entreposage ou de transport de produits pétroliers, seront soumises à une évaluation de la contamination. En cas de présence de contamination, les zones localisées de sols ou d'infrastructures contaminés seront réhabilitées ou encore les sols seront enlevés. Les conduites enfouies continueront à être utilisées ou seront abandonnées sur place, tandis que les surfaces le long des tracés linéaires et les secteurs de l'usine non conservés pour une utilisation future seront végétalisés avec des espèces végétales natives.

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 à l'usine de traitement du projet Ambatovy. Des descriptions plus détaillées sont fournies pour chaque discipline, dans les sections de l'EIE relatives aux mesures d'atténuation et à la surveillance. Le cadre général du plan de gestion environnemental et de développement social est présenté à la section 6 de l'annexe H. La section 7.1 présente les activités à exécuter dans le cadre des plans de gestion clés pendant la phase d'exploitation.

7.1 ACTIVITES PENDANT LES PHASES DE CONSTRUCTION ET D'EXPLOITATION

7.1.1 Plan de gestion de l'eau

Un programme de surveillance des matières solides en suspension sera mis en place en aval de la rivière Ivondro et pendant la construction de la prise d'eau dans la rivière Ivondro.

7.1.2 Plan de gestion de la qualité de l'air

Un programme de surveillance de la qualité de l'air ambiant sera mis en place dans des emplacements spécifiques situés à l'extérieur du secteur de l'usine. En outre, un contrôle des processus de l'usine sera assuré pour garantir la performance des opérations de l'usine et réduire les émissions atmosphériques.

7.1.3 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 de Toamasina et des communautés riveraines seront intégrés de manière préférentielle à ces programmes en ce qui concerne l'emploi à l'usine de traitement.

7.1.4 Plan d'achat

Un Plan d'achat permet d'optimiser la participation des entreprises locales. Dans le cadre du programme, les petites et moyennes entreprises bénéficieront de

formations, de conseils professionnels et d'une assistance technique pour permettre leur participation compétitive à la mise en oeuvre du projet.

7.1.5 Autres activités de gestion socio-économique

Un programme de prévention du VIH/SIDA sera élaboré et mis en oeuvre avant le démarrage des travaux de construction du projet.

Des consultations continues seront tenues avec les communautés riveraines pour traiter des préoccupations ou enjeux que ces communautés pourraient avoir en rapport avec l'usine.

Le promoteur du projet appuiera les autorités locales et régionales et d'autres parties prenantes dans l'identification des voies et moyens permettant de maximiser les avantages nets découlant du projet. Le promoteur s'intéressera également aux impacts sociaux imprévus qui pourraient se produire pendant les phases de construction, d'exploitation et de fermeture, notamment par des actions participatives impliquant l'ensemble des parties prenantes.

7.1.6 Plan d'intervention d'urgence

La conception des installations de drainage et de traitement conçues pour le secteur de l'usine minimisera l'effet des averses violentes sur l'usine, sur le public et sur l'environnement. Il est prévu de suspendre toutes les activités de l'usine en cas de pluies extrêmes, à l'exception de celles du personnel de gestion et de sécurité.

Les orages violents peuvent causer des coupures de courant, empêchant ainsi le fonctionnement des puisards. Le risque de contamination de l'eau de pluie résultant du débordement des digues isolant le secteur de l'usine de traitement sera atténué par l'arrêt total de l'usine de traitement et par le nettoyage des zones endiguées avant le début des orages violents annoncés.