

République du Sénégal
Ministère des Mines et de l'Industrie
Direction des Mines et de la Géologie

**Etude de faisabilité pour le projet de
transport des phosphates de Matam**

Projet N° USTDA 2006-11003B

Rapport Final

Décembre 2007



EESD, LLC
8000 Towers Crescent Drive, Suite 600
Vienna, VA 22182, USA
Tel: +1 703 761 4578
Fax: +1 703 997 1326



En association avec :
Don Breazeale and Associates
4340 Rockaway Beach Road, NE
Bainbridge Island, WA 98110
Tel: +1 206 855 9492
Fax: +1 760 942 9127



This report was funded by the U.S. Trade and Development Agency (USTDA), an agency of the U.S. Government. The opinions, findings, conclusions, or recommendations expressed in this document are those of the author(s) and do not necessarily represent the official position or policies of USTDA. USTDA makes no presentation about, nor does it accept responsibility for, the accuracy or completeness of the information contained in this report.



The U.S. Trade and Development Agency

The U.S. Trade and Development Agency (USTDA) advances economic development and U.S. commercial interests in developing and middle income countries. The agency funds various forms of technical assistance, feasibility studies, training, orientation visits and business workshops that support the development of a modern infrastructure and a fair and open trading environment.

USTDA's strategic use of foreign assistance funds to support sound investment policy and decision-making in host countries creates an enabling environment for trade, investment and sustainable economic development. Operating at the nexus of foreign policy and commerce, USTDA is uniquely positioned to work with U.S. firms and host countries in achieving the agency's trade and development goals. In carrying out its mission, USTDA gives emphasis to economic sectors that may benefit from U.S. exports of goods and services.

TABLE DES MATIERES

1. Introduction	5
2. Recommandations.....	7
2.1 Contexte du projet.....	7
2.2 Principaux circuits de transport.....	8
2.3 Scénarios de transport ferroviaire.....	10
2.4 Scénarios de transport routier	12
2.5 Scénarios de transport fluvial	14
2.6 Scénarios de transport par minéraloduc.....	16
2.7 Synthèse du coût des scénarios de transport.....	18
2.8 Recommandations	21
3. Tâche 1 : Etude de documents existants, des opérations, et entretiens avec les intervenants	23
3.1 Liste des rencontres.....	23
3.2 Liste des documents consultés.....	24
3.3 Principaux constats ayant un impact tangible sur le transport des phosphates de Matam.....	26
4. Tâche 2: Prévisions du trafic de phosphates	31
4.1 Analyse du marché international des phosphates.....	31
4.2 Prévisions à long-terme des phosphates de Matam	37
5. Tâche 3 : Modèle de transport	43
5.1 Introduction	43
5.2 Rapport de mission	45
5.3 Avantages comparatifs des modes de transport.....	47
5.4 Aperçu du modèle	48
5.5 Transport par rail, route et barge	48
5.6 Transport par minéraloduc.....	58

6. Tâche 4 : Analyse du cadre réglementaire.....	72
6.1 Cadre réglementaire pour le transport ferroviaire	72
6.2 Cadre réglementaire pour le transport routier	78
6.3 Cadre réglementaire du transport fluvial	79
6.4 Cadre réglementaire pour le transport par minéraloduc.....	81
6.5 Règlementation sur l'expropriation	82
7. Tâche 5 : Alternatives de financement.....	83
7.1 Introduction	83
7.2 Aperçu des options de financement.....	84
7.3 Autres mécanismes de financement.....	88
7.4 Externalisation de prestations.....	96
8. Tâche 7 : Étude d'impact environnementale.....	98
8.1 Introduction	98
8.2 Vue d'ensemble de l'écosystème du Sénégal.....	98
8.3 Règlementation de l'environnement	99
8.4 Impacts comparatifs des modes de transport	100
8.5 Qualité de l'air	102
8.6 Qualité sonore.....	106
8.7 Qualité de l'eau	108
8.8 Habitat aquatique	112
8.9 Sols et sédiments	112
8.10 Végétation	114
8.11 Faune.....	115
8.12 Usage des sols.....	116
8.13 Zones protégées	117
8.14 Infrastructure locale.....	118
8.15 Populations locales	119
9. Tâche 7 : Évaluation des impacts sur le développement	121
9.1 Contexte.....	121
9.2 Infrastructure/industrie.....	122
9.3 Réforme de marché.....	124
9.4 Renforcement des capacités	125
9.5 Transfert de technologie et amélioration de la productivité	126

10. Tâche 8 : Fournisseurs	127
10.1 Transport ferroviaire	127
10.2 Transport routier	127
10.3 Transport fluvial.....	127
10.4 Transport par minéraloduc.....	127
11. Tâche 9 : Plan de mise en œuvre	129
11.1 Introduction	129
11.2 Principales étapes du plan de mise en œuvre.....	130
11.3 Echancier prévisionnel de réalisation	134
12. Annexe A: manuel d'utilisation pour le modèle de transport..	137
12.1 Aperçu du modèle	137
12.2 Données du modèle de transport ferroviaire.....	139
12.3 Données du modèle de transport routier.....	141
12.4 Données du modèle de transport fluvial.....	143
12.5 Données du modèle de transport par minéraloduc	144

Nomenclature

AATR	Agence Autonome des Travaux Routiers
CAPEX	Capital expenditure (coûts d'investissement)
DMG	Direction des Mines et de la Géologie
FCFA	Franc de la Communauté financière de l'Afrique
GPS	Global positioning system (système de positionnement global)
ICS	Industries Chimiques du Sénégal
Kg	Kilogramme
Km	Kilomètre
Km/h	Kilomètre/heure
K\$	Milliers de dollars américains
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt/heure
m ³ /s	Mètre cube seconde
Micron	Millième de millimètre
MIFERSO	Société des Mines de Fer du Sénégal Oriental
Mittal	ArcelorMittal (ex-Mittal Steel Company)
mm	Millimètre
Mt	Millions de tonnes
M\$	Millions de dollars américains
PK	Point kilométrique
PHEN	Plus hautes eaux navigables
OMVS	Organisation de Mise en Valeur du Fleuve Sénégal
OPEX	Operating expenditure (coûts d'exploitation)
\$	Dollars américains
USD	United States Dollar (Dollars américains)
USTDA	United States Trade and Development Agency (Agence de développement et de commerce des Etats-Unis d'Amérique)

1. INTRODUCTION

La Direction des Mines et de la Géologie (DMG) du Ministère des Mines et de l'Industrie a recruté le cabinet EESD, LLC (basé à Washington, DC, USA) pour réaliser une étude de faisabilité du transport des phosphates du gisement de Matam. Ce projet est financé par l'Agence américaine de Développement et de Commerce (USTDA). Cette étude a été réalisée de mai à novembre 2007.

L'objet de cette étude est de proposer une ou plusieurs solution(s) de transport pour acheminer les phosphates du gisement de Matam au nord-est du pays vers le port minéralier qui est proposé à Bargny Sendou, près de Dakar. Une variante de ce projet contemple par ailleurs une livraison partielle du minerai à l'usine d'acide phosphorique des Industries Chimiques du Sénégal (ICS) à Darou Khoudoss, au nord de Dakar (figure 1-1).

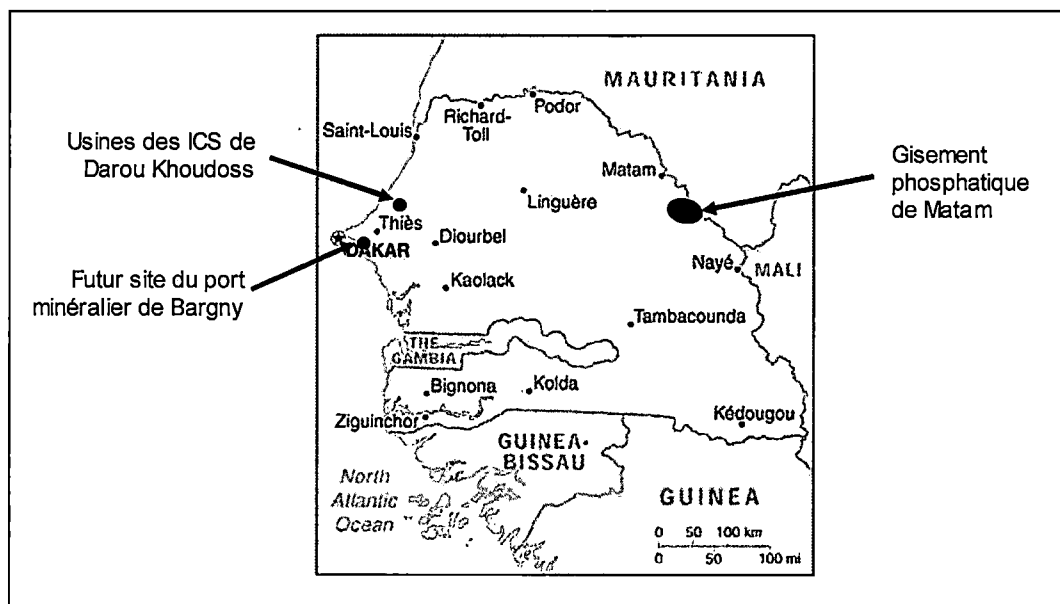


Figure 1-1 : Carte sommaire des principaux sites du projet

Le gisement de phosphate de Matam, situé sur la rive gauche du fleuve Sénégal au sud-est de la ville de Matam, s'étend sur une distance de 100 km. Des études techniques de prospection, réalisées en 1962-68 et à nouveau en 1980-84, ont permis au gouvernement de confirmer le potentiel du gisement qui s'élève à 40 Millions de tonnes (Mt) avec une teneur moyenne de 28,7% P_2O_5 . Des réserves plus importantes se trouveraient par ailleurs aux alentours de Matam.

La société d'exploitation des phosphates de Matam sera créée dans le cadre d'une convention minière et sera titulaire d'une concession minière. Conformément aux dispositions de l'article 28 sur les droits conférés du Code minier, la délivrance d'une concession minière confère à la société d'exploitation le droit de transporter les

substances extraites ainsi que leurs concentrés ou dérivés primaires jusqu'aux points de stockage, de traitement ou de chargement et d'en disposer sur les marchés intérieur et extérieur.

En vue de la commercialisation prochaine de ce gisement, le gouvernement du Sénégal cherche par cette étude à identifier les solutions possibles pour le transport du minerai de phosphate et à confirmer le coût de transport vers le marché de l'export (par le futur port de Bargny) ou le marché national (à l'usine des ICS à Darou Khoudoss).

Les principales composantes de l'étude sont les suivantes :

- Tâche 1 : Etude de documents existants, des opérations, et entretiens avec les intervenants ;
- Tâche 2 : Prévision du trafic de phosphates ;
- Tâche 3 : Modèle de transport ;
- Tâche 4 : Analyse du cadre réglementaire ;
- Tâche 5 : Alternatives de financement ;
- Tâche 6 : Etude d'impact environnementale ;
- Tâche 7 : Evaluation des impacts sur le développement ;
- Tâche 8 : Liste de fournisseurs ;
- Tâche 9 : Plan de mise en œuvre.

Quatre modes de transport possibles ont été étudiés : ferroviaire, routier, fluvial, et par minéraloduc. Des variantes multimodales ont d'autre part été prises en compte, par exemple une solution routière qui acheminerait le minerai à un terminal de transfert avec le réseau ferroviaire.

Du point de vue géographique, plusieurs tracés ont été étudiés, y compris des options orientales par Kidira, des options occidentales par Tambacounda, et des options septentrionales par St. Louis/Louga/Kébémér. Pour rejoindre le port de Bargny, un nouveau tronçon ferroviaire de 6 km devra être construit de Diam-Niadio.

Le rapport final présente les résultats de notre étude à partir des analyses financière, technique, règlementaire et environnementale du projet. Plusieurs ateliers avec la Direction des Mines et de la Géologies et autres intervenants institutionnels du projet ont permis de valider les principales hypothèses et de finaliser les différents scénarios de transport.

2. RECOMMANDATIONS

Ce chapitre résume les résultats de l'analyse des différentes options de transport et recommande une solution pour le transport des phosphates de Matam. Le chapitre est divisé en huit sections:

- Contexte du projet ;
- Principaux circuits de transport ;
- Scénarios de transport ferroviaire ;
- Scénarios de transport routier ;
- Scénarios de transport fluvial ;
- Scénarios de transport par minéraloduc ;
- Synthèse du coût des scénarios de transport ;
- Recommandations.

2.1 CONTEXTE DU PROJET

L'étude des options de transport des phosphates de Matam a été préparée en prenant compte des constats suivants :

- **La taille relativement modeste du gisement de Matam (40 Mt)** renforce l'importance d'identifier une solution de transport économe pour chaque tonne de minerai acheminée ;
- **La possibilité d'un gisement plus important à Matam (éventuellement 80 Mt)** milite en faveur d'une solution flexible qui permette d'accroître le volume de transport si nécessaire ;
- **L'isolement relatif de la région de Matam** favorise des solutions qui amélioreront les infrastructures de transport dans la région ;
- **L'inadaptabilité du réseau ferroviaire au transport du minerai** rendra nécessaire la réhabilitation des voies ferrées existantes pour toute solution ferroviaire¹ ; **L'incertitude sur la destination finale du minerai** (Bargny ou Darou Khoudoss) demande une certaine flexibilité dans l'analyse des solutions de transport ;
- **L'engagement du concessionnaire de la mine de la Falémé (Mittal)** à financer une solution ferroviaire de Tambacounda à Bargny permettra éventuellement un partage des coûts d'investissement dans le réseau ferroviaire ;

¹ La voie ferrée de Dakar à Bamako ne peut accepter qu'une charge maximale de 17 tonnes par essieu de wagon, alors que le transport de minerai requiert un rail qui puisse supporter 22 tonnes par essieu.

- **Le manque d'aménagement du fleuve Sénégal** pour la navigation des convois fluviaux tout au long de l'année rendra nécessaire d'importants travaux de dragage pour toute solution fluviale.

Le gouvernement du Sénégal compte lancer un appel d'offre pour l'attribution de la concession de la mine de Matam. En attendant la sélection de cette société, il ne nous est pas possible de confirmer la destination finale du minerai. Ainsi, les phosphates pourraient être acheminés soit au futur port de Bargny pour le marché de l'export, soit à l'usine d'acide phosphorique des ICS à Darou Khoudoss. Il est aussi possible que le produit minier soit acheminé aux deux destinations, puisque les ICS pourraient dédier une de leurs deux unités de production au minerai de Matam.

En supposant une exploitation de la mine de Matam sur 20 ou 30 ans, nous avons élaboré notre modèle de transport à partir de trois volumes possibles de minerai : 1 Mt, 1,5 Mt et 2 Mt par an. Nous présentons principalement les résultants du scénario moyen (1,5 Mt/an) dans ce rapport.

2.2 PRINCIPAUX CIRCUITS DE TRANSPORT

A partir des termes de référence de l'étude, nous avons envisagé un certain nombre de circuits pour acheminer le minerai jusqu'à la région côtière du Sénégal, l'objectif étant bien évidemment de minimiser les coûts de transport (investissement initial et coût d'exploitation récurrent) tout en tirant profit des infrastructures existantes.

Trois principaux circuits sont envisagés pour le transport du minerai de Matam à Bargny/Darou, avec quelques divergences selon le mode de transport (tableau 2-1) :

- Circuit oriental en passant par Kidira près de la frontière du Mali ;
- Circuit occidental en passant par Tambacounda au cœur du pays ;
- Circuit septentrional en passant par St. Louis, Louga et/ou Kébémér au nord-ouest du pays.

Certains scénarios envisagent une solution multimodale avec un terminal pour transférer le minerai d'un mode de transport (camion, barge ou minéraloduc) à un autre (rail). D'autres scénarios envisagent un seul mode de transport pour acheminer le minerai, par exemple une liaison exclusivement ferroviaire, routière ou par minéraloduc. A noter que la liaison du réseau ferroviaire au futur port de Bargny nécessitera la construction d'une bretelle de 6 km à Diam-Niadio, projet sur lequel le concessionnaire de la mine de fer de Falémé (Mittal) s'est engagé.

	Rail	Route	Barge	Minéraloduc
Circuit oriental	Option F1 : rail/rail par Kidira	Option R1 : route/rail par Kidira		Option M1 : minéraloduc/rail par Kidira
Circuit occidental	Option F2 : rail/rail par Tambacounda	Option R2 : route/rail par Tambacounda		Option M2 : minéraloduc/rail par Tamba.
Circuit septentrional	Option F3 : rail/rail par Louga Option F4 : rail/rail par Kébémér	Option R3 : route/rail par Louga	Option B1 : barge fluviale/ barge océanique par St. Louis Option B2 : barge fluviale/rail par St. Louis	Option M3 : minéraloduc/rail par Louga
Circuit direct²		Option R4 : route directe à Darou/Bargny		Option M4 : minéraloduc direct à Darou Option M5 : minéraloduc direct à Bargny

Tableau 2-1 : Résumé des principales options de transport
(premier mode de transport/second mode de transport)

² Par définition, toutes les options ferroviaires sont en circuit direct puisqu'elles sont unimodales.

2.3 SCENARIOS DE TRANSPORT FERROVIAIRE

Quatre scénarios de transport ferroviaire ont été élaborés pour cette étude (figure 2-1). Les avantages et désavantages des différents scénarios sont présentés ci-dessous (tableau 2-2).

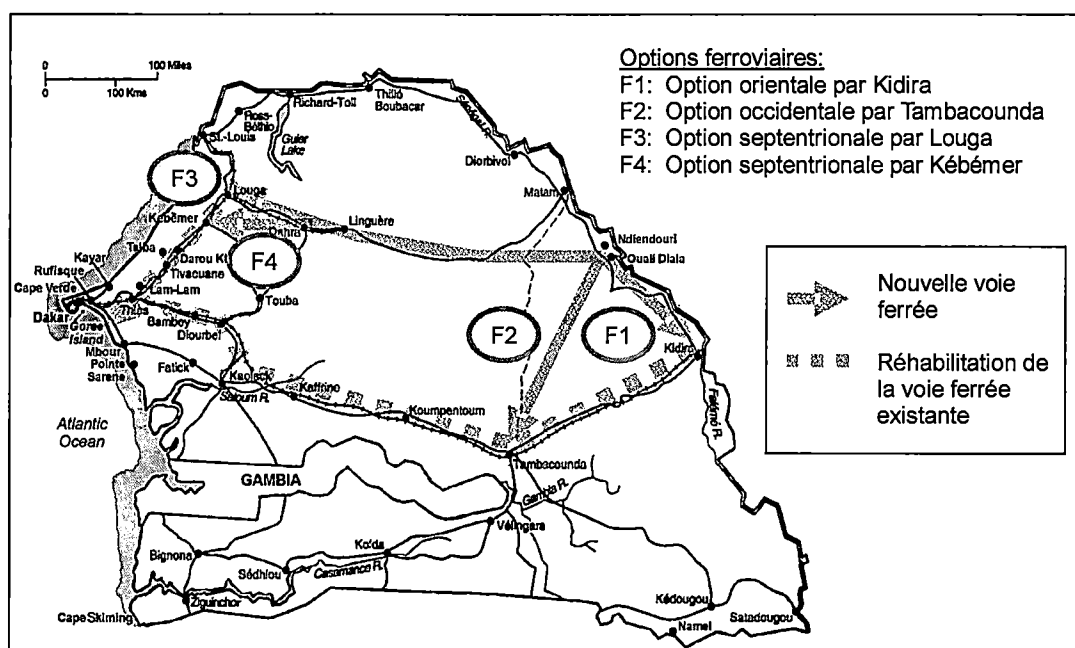


Figure 2-1 : Carte des options ferroviaires

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
Pour toutes les options par rail		<p><u>Avantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilise le réseau ferroviaire déjà présent sur le territoire • En accord avec la vision du gouvernement d'un réseau ferré national • Simplifie le transport et réduit les risques de pollution en évitant les transferts intermodaux • Capacité de transport peut être ajustée <p><u>Désavantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • L'efficacité du rail pour le transport du minerai au Sénégal reste à démontrer
F1 (rail/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Matam à Kidira • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Kidira à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle 	<p><u>Avantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet d'étendre le réseau ferroviaire pour désenclaver Matam • Construction d'une nouvelle voie ferrée la plus courte • Coûts de réhabilitation du tronçon

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
	voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny	Tambacounda/Bargny pourraient être partagés avec Mittal <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Aucun partage des coûts de réhabilitation du tronçon ferroviaire Kidira/Tambacounda • Risques de congestion sur le réseau ferroviaire de Tambacounda à Bargny
F2 (rail/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Matam à Tambacounda • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Tambacounda à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<u>Avantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Permet d'étendre le réseau ferroviaire pour désenclaver Matam • Evite toute réhabilitation du tronçon Kidira/Tambacounda, qui ne servira pas que le concessionnaire de Matam • Coûts de réhabilitation du tronçon Tambacounda/Bargny pourraient être partagés avec Mittal <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Risques de congestion sur le réseau ferroviaire de Tambacounda à Bargny • Région entre Matam et Tambacounda est peu peuplée, donc retombées socio-économiques limitées
F3 (rail/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Matam à Louga • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Louga à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<u>Avantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Evite d'encombrer la ligne ferroviaire Dakar-Bamako <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ligne ferroviaire Thiès-St. Louis à l'abandon et suscitant peu d'intérêt commercial • Aucun partage des coûts de réhabilitation ferroviaire avec un tiers
F4 (rail/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Matam à Kébémér • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Kébémér à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<u>Avantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Evite d'encombrer la ligne ferroviaire Dakar-Bamako <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ligne Thiès/St. Louis à l'abandon et suscitant peu d'intérêt commercial • Aucun partage des coûts de réhabilitation ferroviaire avec un tiers

Tableau 2-2 : Synthèse des principales options ferroviaires

2.4 SCENARIOS DE TRANSPORT ROUTIER

Quatre scénarios de transport routier ont été élaborés pour cette étude (figure 2-2). Les avantages et désavantages de différents scénarios sont présentés ci-dessous (tableau 2-3).

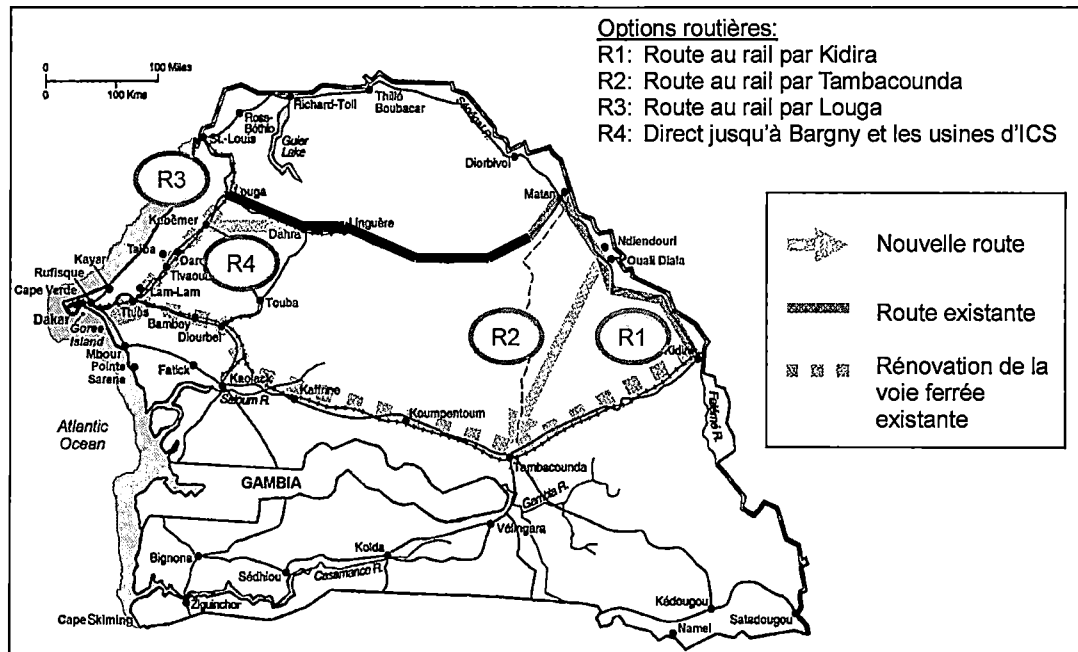


Figure 2-2 : Carte des options routières

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
Pour toutes les options par route		<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilise le réseau routier déjà présent sur le territoire • Coût d'investissement le plus bas • Capacité de transport peut être ajustée <p>Désavantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coût d'exploitation le plus élevé • Risques de congestion sur le réseau routier • Usure accrue des chaussées • Risque de pollution et d'accidents dans les villages
R1 (route/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Réhabilitation de la route de Matam à Kidira • Construction d'un terminal de transfert route/rail à Kidira 	<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucune construction de route n'est requise, car cette option utilise la route existante entre Matam et Kidira

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
	<ul style="list-style-type: none"> • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Kidira à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<ul style="list-style-type: none"> • Coûts de réhabilitation du tronçon Tambacounda/Bargny pourraient être partagés avec Mittal <p><u>Désavantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucun partage des coûts de réhabilitation du tronçon ferroviaire Kidira/Tambacounda
R2 (route/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'une nouvelle route de Matam à Tambacounda • Construction d'un terminal de transfert route/rail à Tambacounda • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Tambacounda à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<p><u>Avantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Permet de désenclaver les populations isolées entre Matam et Tambacounda • Coûts de réhabilitation du tronçon Tambacounda/Bargny pourraient être partagés avec Mittal • Evite toute réhabilitation du tronçon Kidira/Tambacounda, qui ne servira pas que le concessionnaire de Matam • Région entre Matam et Tambacounda est peu peuplée, donc risques de congestion et d'accidents plus limités <p><u>Désavantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cités plus haut
R3 (route/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un terminal de transfert route/rail à Louga • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Louga à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<p><u>Avantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucune construction de route n'est requise, car cette option utilise la route de Matam à Louga • Evite d'encombrer la ligne ferroviaire Dakar-Bamako <p><u>Désavantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ligne ferroviaire Thiès/St. Louis à l'abandon et suscitant peu d'intérêt commercial • Aucun partage des coûts de réhabilitation ferroviaire avec d'autres
R4 (route jusqu'à Darou/Bargny)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'une route de raccordement de Dahra à Kébémér 	<p><u>Avantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Simplifie le transport et réduit les risques de pollution en évitant les transferts intermodaux • Evite d'encombrer la ligne ferroviaire Dakar-Bamako <p><u>Désavantages :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Coût d'exploitation le plus élevé de toutes les options • En plus des désavantages cités plus haut, les zones proches de Dakar sont fortement peuplées et les routes sont encombrées

Tableau 2-3 : Synthèse des principales options routières

2.5 SCENARIOS DE TRANSPORT FLUVIAL

Deux scénarios de transport fluvial ont été élaborés pour cette étude (figure 2-3). Les avantages et désavantages de différents scénarios sont présentés ci-dessous (tableau 2-4).

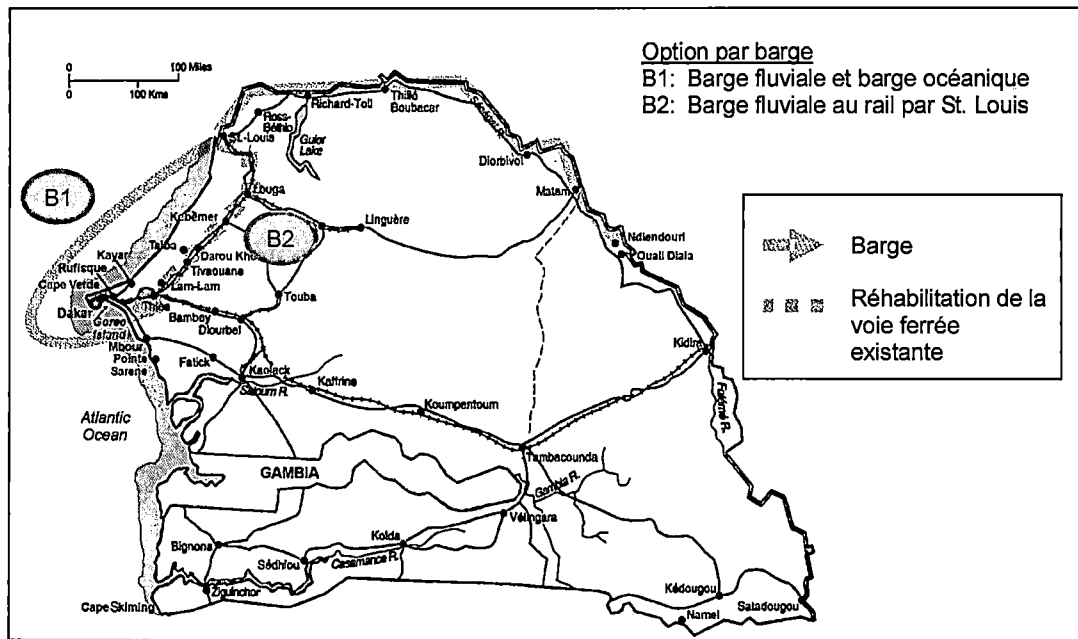


Figure 2-3 : Carte des options fluviales

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
Pour toutes les options par barge		<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coût d'exploitation le plus bas • Capacité de transport peut être ajustée • Proximité du fleuve des gisements de Matam • Évite d'encombrer la ligne ferroviaire Dakar-Bamako • Contribue au désenclavement des populations le long du fleuve <p>Désavantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucun grand projet d'aménagement du fleuve Sénégal n'est prévu jusqu'à Matam à ce jour
B1 (barge fluviale/ barge océanique)	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement du fleuve Sénégal à la navigation de convois fluviaux jusqu'à Matam (2 m de tirant d'eau requis) 	<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problèmes de congestion et de pollution les plus bas • Solution entièrement sous le contrôle de la société d'exploitation de Matam

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un terminal de transfert du fleuve Sénégal à un terminal océanique à 2 km au large de la Langue de Barbarie • Construction d'un terminal à barge au port de Bargny 	<u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Problème de pollution éventuel sur la Langue de Barbarie
B2 (barge fluviale/rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Aménagement du fleuve Sénégal à la navigation de convois fluviaux jusqu'à Matam (2 m de tirant d'eau requis) • Construction d'un terminal de transfert barge/rail à St. Louis 	<u>Avantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Cités plus haut <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ligne ferroviaire Thiès/St. Louis à l'abandon et suscitant peu d'intérêt commercial • Aucun partage des coûts de réhabilitation ferroviaire avec un tiers

Tableau 2-4 : Synthèse des principales options fluviales

2.6 SCENARIOS DE TRANSPORT PAR MINERALODUC

Quatre scénarios de transport par minéraloduc ont été élaborés pour cette étude (figure 2-4). Les avantages et désavantages de différents scénarios sont présentés ci-dessous (tableau 2-5).

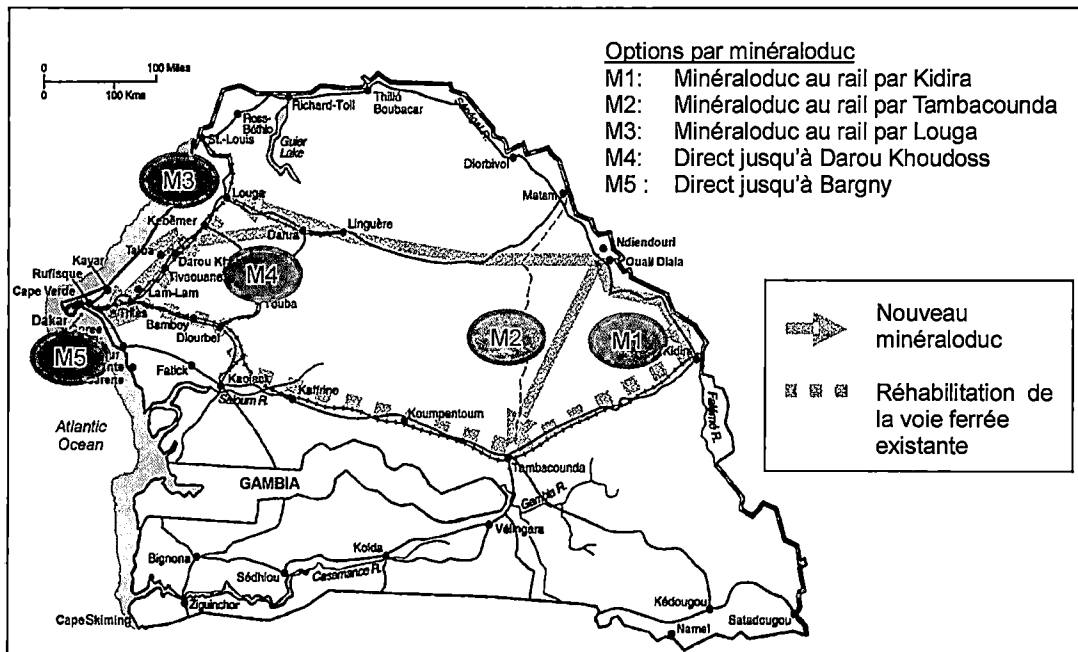


Figure 2-4 : Carte des options par minéraloduc

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
Pour toutes les options par minéraloduc		<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> Moindre risque d'accident le long du minéraloduc Apport (modeste) d'eau potable à l'arrivée (2 million m³ par an) <p>Désavantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacité de transport ne peut pas être ajustée Ne contribue pas à l'amélioration des infrastructures desservant le Matam Risque accru d'émissions de particule de phosphates (40 microns de diamètre)
M1 (minéraloduc /rail)	<ul style="list-style-type: none"> Construction d'un minéraloduc de Matam à Kidira Construction d'une de séchage à Kidira Construction d'un terminal de 	<p>Avantages :</p> <ul style="list-style-type: none"> Suit une route et une ligne électrique déjà en place Coûts de réhabilitation du tronçon Tambacounda/Bargny pourraient être

Option	Travaux envisagés	Avantages et désavantages
	transfert minéraloduc/rail à Kidira <ul style="list-style-type: none"> • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Kidira à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	partagés avec Mittal <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Risque de congestion sur le réseau ferroviaire
M2 (minéraloduc /rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un minéraloduc de Matam à Tambacounda • Construction d'une unité de séchage à Tambacounda • Construction d'un terminal de transfert à Tambacounda • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Tambacounda à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<u>Avantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Coûts de réhabilitation du tronçon Tambacounda/Bargny pourraient être partagés avec Mittal • Evite toute réhabilitation du tronçon Kidira/Tambacounda, qui ne servira pas que le concessionnaire de Matam <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Nécessiterait la construction d'une piste d'accès de Matam à Tambacounda
M3 (minéraloduc /rail)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un minéraloduc de Matam à Louga • Construction d'une unité de séchage à Louga • Réhabilitation de la voie ferrée existante de Louga à Diam-Niadio • Construction d'une nouvelle voie ferrée de Diam-Niadio à Bargny 	<u>Avantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Suit une route et une ligne électrique déjà en place <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ligne Thiès/St. Louis à l'abandon et suscitant peu d'intérêt commercial • Aucun partage des coûts de réhabilitation ferroviaire avec un tiers
M4 (direct jusqu'à Darou Khoudoss)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un minéraloduc de Matam à Darou Khoudoss • Construction d'une unité de séchage à Darou Khoudoss 	<u>Avantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Aucun risque de congestion (comparé aux réseaux routier et ferroviaire) • Solution entièrement sous le contrôle de la société d'exploitation de Matam • Simplifie le transport et réduit les risques de pollution en évitant les transferts intermodaux <u>Désavantages :</u> <ul style="list-style-type: none"> • Ne contribue pas au développement des infrastructures de Matam
M5 (direct jusqu'à Bargny)	<ul style="list-style-type: none"> • Construction d'un minéraloduc de Matam à Bargny • Construction d'une unité de séchage à Bargny 	Idem que M4

Tableau 2-5 : Synthèse des principales options par minéraloduc

2.7 SYNTHÈSE DU COUT DES SCENARIOS DE TRANSPORT

2.7.1 Principales hypothèses

Le calcul des coûts par tonne livrée de la figure 2-5 a été effectué à partir d'un volume total de 40 Mt et un volume annuel de 1,5 Mt. es hypothèses suivantes Les coûts futurs ont été actualisés sur 2008. Les coûts présentés sont donc en dollars constants de 2008.

Pour l'ensemble des scénarios qui utilise le rail entre Tambacounda et Diam-Niadio, nous avons alloué les coûts de réhabilitation du tronçon ferroviaire reliant Tambacounda à Diam-Niadio comme suit :

- 80% du coût d'investissement au concessionnaire de la mine de fer de la Falémé (Mittal) ;
- 20% du coût d'investissement à la société d'exploitation de Matam.

Il est à noter que cette allocation est hypothétique et n'a nullement été discutée avec les différents intervenants. Elle ne sert qu'à affiner nos calculs. Il est certain que le coût par tonne livrée des phosphates de Matam changerait de façon dramatique dans une des situations suivantes :

- **Scénario optimiste** : Mittal s'engage à construire une nouvelle voie ferrée entre Tambacounda et Diam-Niadio, et la société autorise le concessionnaire de Matam à utiliser cette voie moyennant rémunération.
- **Scénario pessimiste** : Mittal renonce à la concession de la Falémé, ce qui obligerait le concessionnaire de Matam à assumer 100% du coût de réhabilitation de la voie ferrée entre Tambacounda et Diam-Niadio.

2.7.2 Tableau de synthèse

La figure 2-5 résume les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation par tonne livrée pour chacune des options de transport.

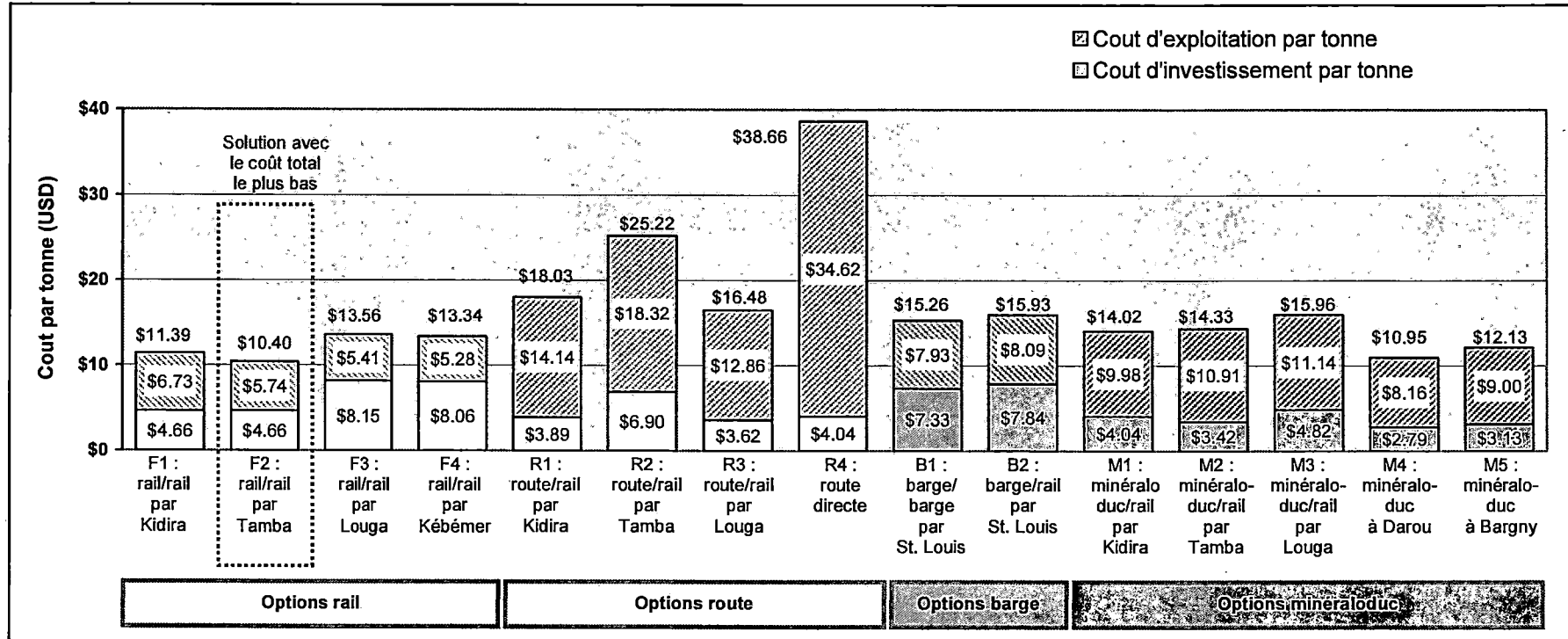


Figure 2-5 : Coût des options de transport par tonne livrée (USD/tonne)

Pour complément d'information, la figure 2-6 résume le coût d'investissement total pour chaque option. Ce coût est déjà reflété dans la Figure 2-5 de la page précédente (où le coût d'investissement a été divisé par 40 Mt pour arriver au coût d'investissement par tonne livrée).

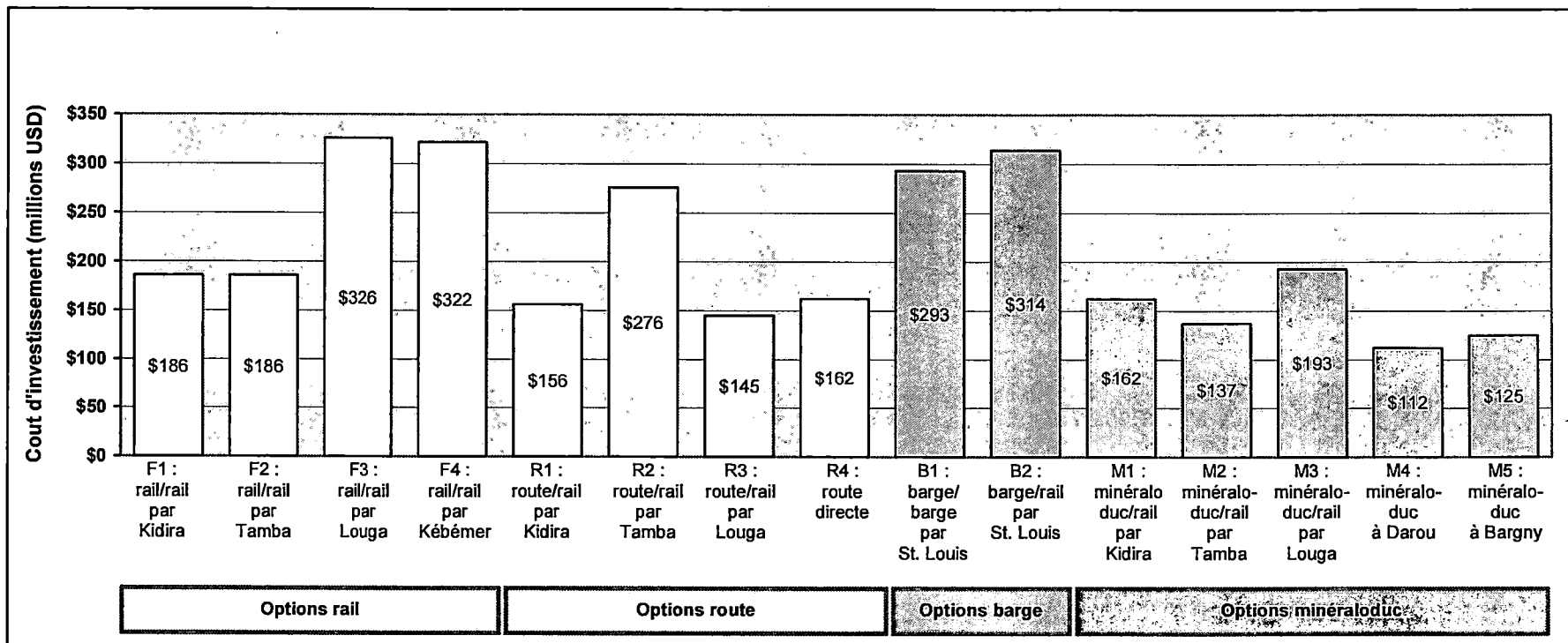


Figure 2-6 : Coût d'investissement total des options de transport (Millions USD)

2.8 RECOMMANDATIONS

L'option F2 (Matam/Tambacounda/Diam-Niadio/Bargny), qui envisage la construction d'une voie ferrée de Matam à Tambacounda et la réhabilitation de la voie ferrée entre Tambacounda et Diam-Niadio, semble être celle qui apporte le plus d'avantages (figure 2-7).

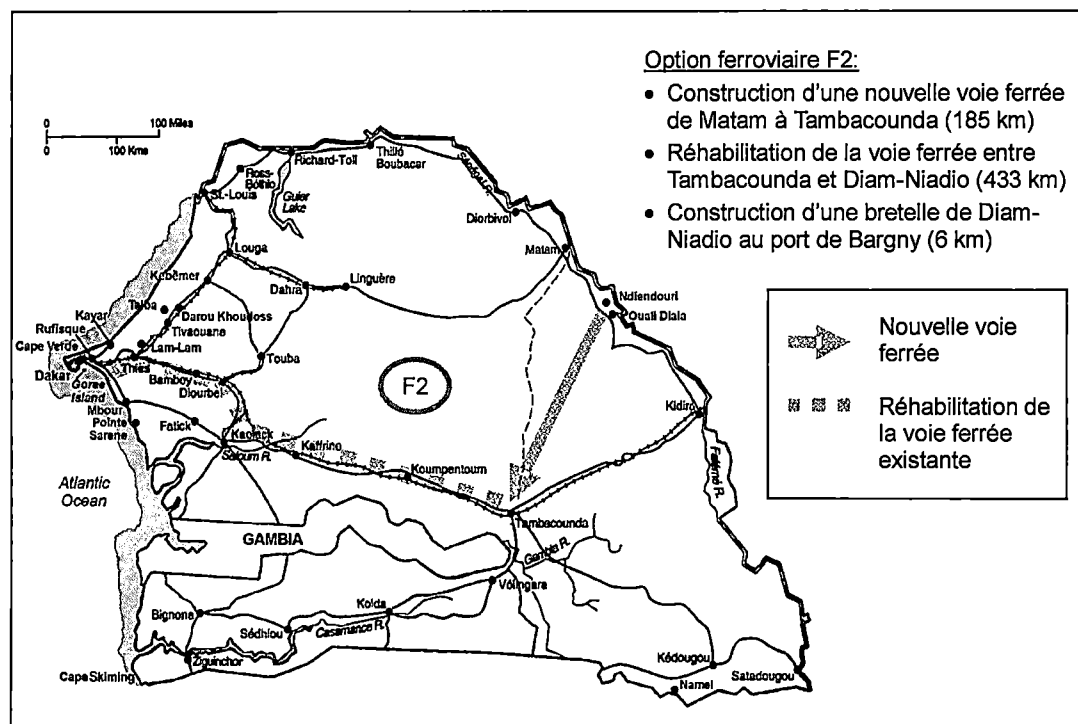


Figure 2-7 : Circuit de l'option ferroviaire retenue

Avantages comparés autres options de transport par barge/route/minéraloduc

- Le coût total par tonne livrée le plus bas (10,40 \$ pour le rail, comparé à 16,48 \$ pour la route, 15,26 \$ pour la barge, et 10,95 \$ pour le minéraloduc) ;
- Une solution qui renforce la politique gouvernementale de développement des infrastructures ferroviaires ;
- Une solution entièrement sous le contrôle des autorités sénégalaises (alors que les ponctions d'eau pour le minéraloduc et l'aménagement du fleuve Sénégal pour les barges requièrent l'aval de l'OMVS) ;
- Une solution qui contribue au désenclavement de la région de Matam ;
- Une solution dont la technicité (le transport ferroviaire) est bien maîtrisée au Sénégal (à l'encontre du minéraloduc ou du transport par grands convois fluviaux) ;

- Une solution qui évite d'encombrer et d'endommager les routes (à l'encontre du transport routier) ;
- Une solution qui évite les particules de phosphate liées au transport par minéraloduc.

Avantages comparés autres options ferroviaires (par Kidira, Louga ou Kébémér)

- Une solution qui concentre les investissements de réhabilitation de voie ferrée entre Tambacounda et Diam-Niadio où les deux concessionnaires miniers (phosphates à Matam au nord-est du pays ; et fer à la Falémé au sud-est) pourront partager le coût et les avantages d'une ligne réaménagée pour le transport du minerai ;
- Une solution qui positionne le concessionnaire de Matam à tirer profit éventuellement de la nouvelle voie ferrée si Mittal, le concessionnaire de la mine de la Falémé, se propose de la construire et d'en faire bénéficier des tiers.

Quelques inquiétudes avec la solution F2 (Matam/Tambacounda/Diam-Niadio/Bargny et/ou Darou Khoudoss)

- La solution ferroviaire dépend en grande partie d'un accord commercial et financier entre la société d'exploitation de Matam et les opérateurs ferroviaires (Transrail et Mittal) sur le partage des infrastructures entre Tambacounda et Bargny (réhabilitation de voie ou nouvelle construction). En l'absence d'un accord acceptable entre les différents partis, la solution M4 (minéraloduc directement à Bargny et/ou Darou Khoudoss) pourrait offrir de meilleurs avantages.
- Le nombre de trains journaliers requis pour acheminer le minerai de fer de la Falémé et le phosphate de Matam de Tambacounda à Diam-Niadio pourrait créer des perturbations de trafic sur la ligne Dakar/Bamako. Un système avancé de gestion du trafic ferroviaire (y compris une mise à jour de la signalisation) sera nécessaire pour la bonne gestion du trafic.
- Les déraillements et les délais des trains qui desservent l'usine des ICS représentent un problème à résoudre au niveau de la fiabilité du transport ferroviaire de minerai au Sénégal.

3. TACHE 1 : ETUDE DE DOCUMENTS EXISTANTS, DES OPERATIONS, ET ENTRETIENS AVEC LES INTERVENANTS

Ce chapitre présente les principaux constats que nous avons faits à partir de documents existants, d'entretiens et d'observations. Il est divisé en trois sections:

- Liste des intervenants rencontrés ;
- Liste des documents consultés ;
- Principaux constats ayant un impact tangible sur le transport des phosphates de Matam.

3.1 LISTE DES RENCONTRES

Lors de la première mission, les consultants ont rencontré les intervenants suivants pour parler du projet de transport de Matam :

Secteur public – Sénégal

- Direction des Mines et de la Géologie, Ministère des Mines et de l'Industrie ;
- Direction des Transports terrestres, Ministère des Transports terrestres et des Transports aériens ;
- Direction des Ports et Transports maritimes intérieurs, Ministère de l'Economie maritime ;
- Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature ;
- Agence des nouveaux Chemins de Fer du Sénégal ;
- Agence autonome des Travaux routiers (AATR) ;
- Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) ;
- Agence nationale chargée de la Promotion de l'Investissement et des grands Travaux (APIX) ;

Secteur public – Etats-Unis

- U.S. Geological Survey, Département de l'Intérieur;

Entreprises publiques

- Port Autonome de Dakar (PAD) ;
- Société des Mines de Fer du Sénégal orientale (MIFERSO) ;
- Industries Chimiques du Sénégal (ICS) ;

Entreprises privées

- Mittal Steel ;
- Transrail S.A. ;
- The Mosaic Company ;
- Agrifos Fertilizer ;

Autres organismes

- Banque mondiale/Société financière internationale ;
- Overseas Private Investment Corporation ;
- Ex-Im Bank des Etats-Unis ;
- Programme des Nations unies pour le Développement.

3.2 LISTE DES DOCUMENTS CONSULTES

Les consultants ont eu l'occasion de consulter les documents suivants :

- Banque mondiale :
 - « Résultats de la privatisation des chemins de fer en Afrique », septembre 2005 ;
- Bureau BCEOM :
 - « Etude de faisabilité et d'avant-projet sommaire d'un système de navigation mixte mer - fleuve Sénégal », février 2003 ;
- Centre pour le Développement Industriel :
 - « Etude de faisabilité, unité de production d'engrais naturel, phosphate de Matam », décembre 1994 ;
- Direction des Recherches et du Développement Miniers :
 - « Etude de pré-faisabilité, rapport de synthèse, gisement de phosphate de Matam », janvier 1984 ;
 - « Recherche de phosphates au Sénégal, mise au point à l'issue de la campagne 1980-1981 » ;
 - « Recherche de phosphates au Sénégal, campagne de recherches 1980-1984, rapport final », janvier 1985 ;
- Gouvernement du Sénégal :
 - « Code pétrolier », loi 98-05 du 6 octobre 1998 ;
 - « Code de la route », 24 décembre 2002 ;

- « Loi relative aux contrats de construction – exploitation – transfert d'infrastructure », 13 février 2004 ;
- « Projet de loi instituant le Conseil des infrastructures », 13 février 2004 ;
- Lasfargues, André :
 - « Rapport technique sur la création d'une unité-pilote, recommandations pour l'utilisation des phosphates de Matam », décembre 1993 ;
- Mittal Steel :
 - « Convention ferroviaire, liaison ferroviaire de la Falémé au port minéralier de Bargny-Sendou, entre l'Etat du Sénégal et Mittal Steel Holdings AG », 3 juillet 2007 ;
- OMVS :
 - « Convention relative au statut du fleuve Sénégal », 11 mars 1972 ;
 - « Convention portant création de l'organisation pour la mise en valeur du fleuve Sénégal », 11 mars 1972 ;
 - « Convention relative au statut juridique des ouvrages communs », 21 décembre 1978 ;
 - « Convention portant création de l'agence de gestion et d'exploitation de Diama », 7 janvier 1997 ;
 - « Charte des eaux du fleuve Sénégal », 28 mai 2002 ;
 - « Code international de la navigation et des transports sur le fleuve Sénégal », 13 mars 2006
 - « Note réponse touchant à l'étude des variantes de transport pour l'exploitation des gisements de phosphates de Matam », juin 2007 ;
- SEMA-METRA Conseil :
 - « Etude d'optimisation de l'industrie des phosphates au Sénégal, plan directeur », janvier 1988 ;
 - « Etude d'optimisation de l'industrie des phosphates au Sénégal, rapport final », juillet 1988 ;
- SOGREAH :
 - « Etude de l'accessibilité et de l'implantation du Port de Saint-Louis », décembre 2005 ;
- Transrail :
 - « Convention de concession entre les Etats du Sénégal et du Mali et le concessionnaire du Chemin de Fer Dakar-Bamako, Transrail S.A. », septembre 2003 ;

3.3 PRINCIPAUX CONSTATS AYANT UN IMPACT TANGIBLE SUR LE TRANSPORT DES PHOSPHATES DE MATAM

Ce chapitre résume les principaux constats de la première mission des consultants au Sénégal ayant un impact tangible sur le transport des phosphates de Matam. Il est divisé en cinq parties :

- Transport ferroviaire ;
- Transport fluvial ;
- Transport routier ;
- Transport par minéraloduc ;
- Cadre des investissements.

3.3.1 Transport ferroviaire

Les principaux constats du secteur des transports ferroviaires sont les suivants:

- La concession de la ligne Dakar/Bamako est gérée par Transrail S.A., une société privée qui gère le transport de marchandises entre Dakar et Bamako.
- La société Transrail se porterait candidate pour transporter les phosphates pour le compte de la société d'exploitation de Matam ; dans le cas contraire, la société minière devra s'acquitter d'une redevance de péage pour utiliser le rail sous concession.
- La ligne Thiès/St. Louis est hors-concession, ainsi que tout nouveau tronçon qui relierait Matam à Kidira, Tambacounda, Louga ou Kébémér. Ainsi, dans certains scénarios, l'Etat sénégalais aura à régler cette question, soit par extension de la concession actuelle de Transrail, soit avec une concession à un nouvel opérateur ferroviaire.
- La ligne Dakar/Bamako ne peut accepter qu'une charge maximale de 17 tonnes par essieu, ce qui est suffisant pour le transport de marchandises et de passagers qu'elle assume aujourd'hui. La réhabilitation de la voie ferrée pour accepter une charge de 22 tonnes par essieu sera donc nécessaire pour accueillir les convois de minerai. Le même problème se pose pour la ligne Thiès/St. Louis qui est aujourd'hui hors d'usage.
- Les ICS ont constaté des problèmes de prestation sur le parcours Thiès/Port Autonome de Dakar causés en partie par des problèmes de congestion et de qualité de la ligne.
- Selon la direction de Transrail, le transport annuel de 2 MT de phosphates ne poserait pas de problème de congestion sur la ligne Dakar/Kidira, alors que le transport du minerai de fer de la Falémé, d'un volume fort supérieur, pourrait

nécessiter la construction de voies de dépassement ou le doublement de la ligne sur le tronçon Dakar/Tambacounda.

- La décision de réhabiliter la ligne existante entre Dakar et Tambacounda ou de la dédoubler avec une nouvelle voie ferrée sera prise en 2008 au terme d'une étude technique de la mine de fer de la Falémé engagée par Mittal. Les deux scénarios possibles sont les suivants :
 - **Scénario A** : Si les réserves de minerai de fer sont supérieures à 750 Mt. Mittal construirait une ligne ferroviaire à écartement standard de la mine de fer de la Falémé jusqu'au port de Bargny Sendou (750 km) ;
 - **Scénario B** : Si les réserves sont inférieures à 750 Mt, Mittal s'engagerait à réhabiliter la voie ferrée existante entre Tambacounda et Diam-Niadio et à construire une nouvelle ligne ferroviaire de la Falémé à Tambacounda (311 km) et de Diam-Niadio à Bargny Sendou (6 km).

3.3.2 Transport fluvial

Les principaux constats du secteur des transports fluviaux sont les suivants (avec les remerciements des consultants pour la synthèse préparée par M. Camara, Chef de Division, OMVS) :

- Conditions mensuelles de navigabilité du fleuve à l'état naturel : le mouillage minimum mensuel à Matam au point kilométrique (PK) 637 oscille entre 1,2 m (moyenne de juin) à 3,1 m (moyenne de novembre). Pour bateaux et barges de tirant d'eau allant jusqu'à 2,5 m, les mouillages pendant les douze mois de l'année ne sont suffisants que jusqu'à Podor (PK 266).
- Débits régularisés par le barrage de Manantali :
 - Après régularisation, le volume d'eau annuel oscille de 300 m³/s en avril à 2 630 m³/s en septembre. La moyenne est de 698 m³/s en mai, juin et juillet.
 - Les tirants d'eau admissibles sont de 2 m pendant les 4 mois de hautes eaux (d'août à novembre), et de 1,5 m minimum assuré pendant les 8 mois restants de l'année.
- Tirants d'air admissibles : Les Plus Hautes Eaux Navigables (PHEN) sont de 15,5 m. Le tirant d'air des pousseurs est fixé à 8,0 m plus une marge de sécurité de 0,5 m, d'où la hauteur maximale égale à 8,5 m (ou 12,0 m avec une timonerie escamotable) au dessus du PHEN.
- Plusieurs configurations de flotte ont été envisagées pour le transport de phosphates sur le Fleuve Sénégal (tableau 3-1).

Ref.	Configuration	Longueur du convoi	Largeur du convoi	Tirant d'eau	Capacité	Découplage du convoi au barrage de Diama
M3	1 barge automotrice + 2 barges	165 m	11,5 m	2 m	2,600 tonnes	Non
S4	1 pousseur + 4 barges	135 m	22,8 m	2 m	4,380 tonnes	Oui
S6	1 pousseur + 6 barges	190 m	22,4 m	2 m	6,160 tonnes	Oui

Tableau 3-1 : Configurations possibles pour le transport fluvial

- Le chargement des phosphates de Matam est prévue sur le site de Goudiri au niveau des PK 700 à 704, non loin des panneaux de Semmé.
- Le sas de l'écluse de Diama mesure 175 m de long, 13 m de large, et 5,2 m de profondeur.
- Pour le moment, il n'y a aucune contrainte infrastructurelle le long du chenal navigable prévu :
 - La travée tournante du pont Faidherbe s'ouvre pour laisser deux passages libres de 28 m de large aux bateaux de part et d'autre de la pile pivot ;
 - Le pont levis de Diama s'ouvre pour laisser un passage de 13 m de large au niveau du sas de l'écluse ;
 - Les futurs ouvrages de franchissement du fleuve respecteront les prescriptions de hauteur de points fixes estimées ci-dessus.
- Les simulations de calcul pour le transport fluvial des phosphates de la moyenne vallée, effectuées par Louis Berger International, se rapportent uniquement aux convois de type M3. Il s'agira de revoir ces calculs pour des convois de plus grandes capacités tels que les S4 et S6.
- Les études récentes de l'OMVS ne remettent pas fondamentalement en cause les caractéristiques du chenal navigable, le matériel de transport et les dispositifs de chargement des phosphates de Matam à Goudiri au PK 700 à 704.
- L'imputation des coûts de transport (amortissement des investissements et les frais d'entretien du chenal navigable et autres coûts d'opération : éclusage, passage du pont Faidherbe, etc.) et des coûts de la logistique d'évacuation (port fluviomaritime de Saint-Louis) sera attribué selon le volume des divers trafics.

3.3.3 Transport routier

Les principaux constats du secteur du transport routier sont les suivants :

- Dimensions maximales :
 - La longueur maximale pour un véhicule articulé sur les routes sénégalaise est de 22 mètres (pour un véhicule tracteur et deux remorques) ;
 - De plus, chaque véhicule tracteur ou remorque individuelle ne peut excéder 11 mètres;
- Limitation de poids :
 - Jusqu'à 13 tonnes par essieu ;
 - 46 tonnes pour un véhicule articulé avec 5 essieux (double tandem) ;
 - 51 tonnes pour un véhicule articulé à 6 essieux dont 3 essieux jumelés (tridem).
- L'extension du réseau routier de Linguère à Matam s'opère en trois temps, avec la réalisation du dernier tronçon jusqu'à Matam prévu pour 2009. Le financement de ce tronçon est en discussion avec la coopération chinoise pour un montant de 8 milliards de FCFA (18 M\$).
- Le pont Faidherbe sera réhabilité d'ici décembre 2009 pour un montant de 12 milliards de FCFA (27 M\$) avec un financement de l'Agence française de Développement. La réhabilitation du pont ne changera rien à sa conception architectural pour respecter son caractère historique.

3.3.4 Transport par minéraloduc

Les principaux constats du secteur du transport routier sont les suivants :

- Tout retrait d'eau du fleuve Sénégal devra être approuvé par l'OMVS et entrainera le paiement d'une redevance. Le montant maximum de 1,5 millions de m³ par an (correspondant à 1,5 Mt de minerai transporté par minéraloduc) ne pose pas de grand problème vis-à-vis du débit du fleuve au niveau de Matam.

3.3.5 Cadre des investissements

Les principaux constats du cadre des investissements sont les suivants :

- L'Etat sénégalais a engagé un nombre de grands projets d'investissements, y compris : l'autoroute à péage ; le nouvel aéroport de Dakar ; l'aménagement du port autonome de Dakar ; le nouveau port minéralier de Bargny ; la cité des affaires (sur le site de l'aéroport actuel) ; les concessions des mines de fer et de phosphates ; et la ville nouvelle au nord de Dakar.
- La nouvelle autoroute de Dakar incorpore les principaux modèles d'investissement pour les projets d'infrastructure sur trois tronçons distincts :

- Tronçon 1 : Financement et exploitation publiques ;
 - Tronçon 2 : Financement public et exploitation privée (par voie de concession) ;
 - Tronçon 3 : Financement et exploitation privée (par voie de BOT), avec subvention de l'Etat. Le gouvernement peut prendre en charge la mise à disposition du site.
- Mittal a récemment signé un accord avec le gouvernement sénégalais pour l'exploitation de la mine de fer de la Falémé. D'un investissement total de 2,2 milliards USD, ce projet permettra à partir de 2011 le traitement de 25 Mt de minerai de fer par an sur 25 ans.
 - IFFCO, une coopérative indienne, a récemment signé un accord avec le gouvernement sénégalais pour la recapitalisation des ICS. Cet apport financier, d'un montant de 80 M\$, permettra de remettre les ICS à flot après la suspension temporaire des opérations en 2006 suite à une crise financière. Cette recapitalisation permettra à IFFCO de prendre une participation majoritaire dans l'entreprise.
 - L'usine des ICS a une capacité de production de 1,2 Mt d'acide phosphorique, ce qui correspond à un revenu annuel de 150 milliards FCFA (337 M\$). IFFCO compte par ailleurs ouvrir une nouvelle cimenterie pour exploiter le calcaire issu du site minier que les ICS exploitent à Taïba.
 - Les deux unités de production des ICS à Darou Khoudoss peuvent traiter 2 Mt de phosphate par an. La direction d'ICS envisagerait éventuellement de dédier une unité pour le phosphate de Matam. Selon cette hypothèse, 1 Mt de minerai de phosphate de Matam serait transporté à Darou Khoudoss, et le reliquat au nouveau port minéralier de Bargny.
 - Le consultant qui prépare l'étude de faisabilité pour le port minéralier de Bargny (sous financement de l'USTDA) n'a pas identifié de contraintes particulières pour le chargement de 1 à 2 Mt de phosphates par an. Le port de Bargny sera raccordé au réseau ferroviaire par une bretelle de 6 km.
 - La plateforme multifonctionnelle de Diam-Niadio (situé au sud-est de Dakar) aura un impact limité sur le projet de transport des phosphates car la plateforme sera principalement dédiée aux activités de fabrication, de transformation et de logistique.

4. TACHE 2: PREVISIONS DU TRAFIC DE PHOSPHATES

Ce chapitre présente une analyse du marché international des phosphates. Il est divisé en deux sections:

- Analyse du marché international des phosphates ;
- Prévision à long terme pour les phosphates de Matam.

4.1 ANALYSE DU MARCHÉ INTERNATIONAL DES PHOSPHATES

4.1.1 Structure de l'offre

Le marché mondial des phosphates s'élève à 145 Mt en 2006 contre 126 Mt en 2001 (tableau 4-1), ce qui représente une croissance annuelle de 2,8%.

Grands producteurs (plus de 10 Mt par an)

En 2006, les quatre principaux pays producteurs étaient la Chine (32,0 Mt), les Etats-Unis (30,7 Mt), le Maroc (25,3 Mt) et la Russie (11,0 Mt). Ensemble, ces « grands producteurs » représentent 68% de la production mondiale.

Il est intéressant de noter la forte croissance de la production chinoise, qui est passée de 21,0 Mt en 2001 à 32,0 Mt en 2006. Ceci représente une croissance annuelle de 8,8%, trois fois supérieure à la moyenne mondiale. La forte demande intérieure en Chine explique en grande partie ce bond. Certains observateurs s'accordent même pour évaluer la production totale en Chine aux alentours de 45 Mt, soit 40% de plus que les statistiques officielles du gouvernement chinois si les petits producteurs indépendants en Chine sont comptabilisés.

Les Etats-Unis marquent un recul dans leur production intérieure, car plusieurs mines viennent d'être fermées et de nouvelles mines tardent à ouvrir suite à l'opposition des populations qui s'inquiètent des conséquences environnementales néfastes. Ce recul bénéficie au Maroc, principal fournisseur des Etats-Unis, qui a exporté 2.6 Mt de minerai de phosphate aux Etats-Unis en 2005.

Moyens producteurs (entre 10 Mt et 2 Mt par an)

Le groupe de « moyens producteurs » comprend la Tunisie, la Jordanie, le Brésil, la Syrie, Israël, l'Afrique du Sud, l'Egypte et l'Australie. Il représente une production totale de 26,7 Mt, soit 23,7% de la production mondiale.

Petits producteurs (moins de 2 Mt par an)

Les petits producteurs, y compris le Sénégal, représente le reliquat de la production mondiale, soit 19,3 Mt ou 13.3% de la production mondiale.

Classement en 2006	Production (Mt)						Réserves vérifiées (Mt)
	2001	2002	2003	2004	2005	2006 est.	
1. Chine	21,0	23,0	25,2	25,5	30,4	32,0	6 600
2. Etats-Unis	31,9	36,1	35,0	35,8	36,3	30,7	1 200
3. Maroc	22,0	23,0	22,9	25,4	25,2	25,3	5 700
4. Russie	10,5	10,7	11,0	11,0	11,0	11,0	200
5. Tunisie	8,1	7,5	7,9	8,0	8,0	8,4	100
6. Jordanie	5,8	7,2	6,8	6,2	6,2	6,4	900
7. Brésil	4,8	5,1	5,6	5,4	6,1	5,5	260
8. Syrie	2,0	2,5	2,4	2,9	3,5	3,6	100
9. Israël	3,5	3,5	3,2	3,0	2,9	3,0	180
10. Egypte	1,0	1,6	2,2	2,2	2,7	2,7	100
11. Afrique du Sud	2,4	2,8	2,6	2,7	2,6	2,6	1 500
12. Australie	1,9	2,0	2,3	2,0	2,1	2,1	77
13. Sénégal	1,7	1,6	1,8	1,8	1,5	1,5	50
Autres pays	9,4	8,4	9,1	9,1	8,5	10,2	1 033
Total mondial	126,0	135,0	138,0	141,0	147,0	145,0	18 000

Tableau 4-1 : Production mondiale et réserves de phosphates³Compétitivité du Sénégal

Le Sénégal se classe au 13^e rang mondial avec une production annuelle estimée à 1,5 Mt en 2006. Ce chiffre représente un fléchissement depuis 2001, quand la production sénégalaise de phosphates était de 1,7 Mt.

Il est clair que la production sénégalaise, en recul depuis cinq ans, va à l'encontre des tendances internationales (graphe 4-1). La production au niveau mondial, ainsi que chez les grands producteurs comme la Chine et le Maroc, est en augmentation. Le seul grand producteur qui a vu sa production baisser est les Etats-Unis, mais ce fléchissement est temporaire suite à un décalage entre des fermetures et des ouvertures de mines en Floride.

Ce fléchissement de la production sénégalaise est lié aux problèmes financiers et opérationnels des Industries Chimiques du Sénégal, dont les deux unités de production sont les principaux utilisateurs des phosphates du site minier de Taïba. L'ouverture de la

³ Source: U.S. Geological Survey Minerals Yearbook, U.S. Department of the Interior

mine de Matam et la reprise des ICS par la coopérative indienne IFFCO devrait avoir un impact positif sur l'industrie des phosphates au Sénégal.

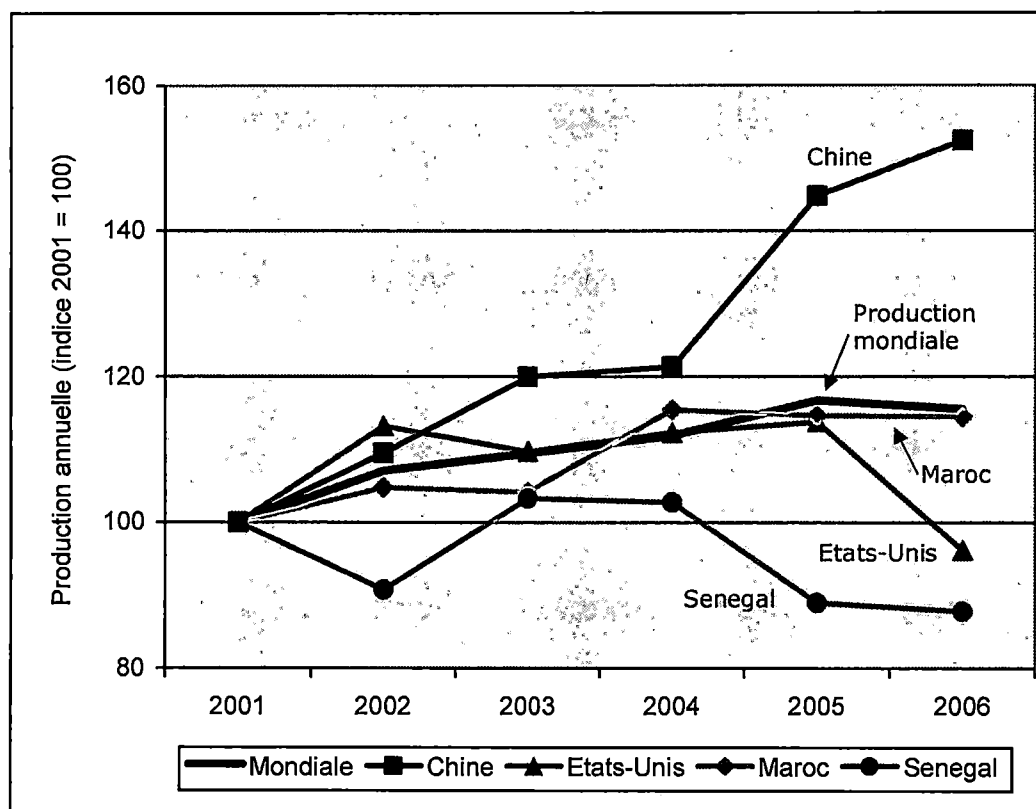


Figure 4-1 : Indexation de la production annuelle de phosphates⁴
(Production 2001 = 100)

Les phosphates de Matam, d'une teneur moyenne de 28,7% P_2O_5 , sont répartis sur deux sites adjacents :

- NDendouri au nord avec des réserves de 28,4 Mt à 28,9% P_2O_5 ;
- Ouali-Diala au sud avec des réserves de 12,1 Mt à 28,0% P_2O_5 .

Selon les analyses préliminaires, les phosphates de Matam sont d'excellente qualité, grâce à une bonne teneur en phosphate, une bonne solubilité, et un recouvrement de faible épaisseur. De plus, la faible teneur en cadmium accroît la valeur marchande des phosphates de Matam, puisque ce phosphate (à l'encontre du gisement de Taïba) est exportable sur le marché européen car il répond plus précisément aux critères environnementaux en vigueur dans l'Union européenne.

⁴ Source: *Mineral Commodities Summary*, U.S. Geological Survey, U.S. Department of the Interior

Nouveaux projets

De nouveaux projets de développement de gisements phosphatiques sont proposés dans le monde, y compris :

- **Mauritanie** : Le gouvernement a lancé une étude de faisabilité pour une ligne ferroviaire qui relierait le site de phosphates de xx avec le port de Nouadhibou.
- **Pérou** : Le gouvernement péruvien a lancé un appel d'offre pour la concession de Bayovar au nord du pays. Les réserves sont estimées à 815 Mt, et la production annuelle proposée par un développeur privé serait de 3 Mt/an.
- **Brésil** : Un développeur privé a lancé une étude de faisabilité pour développer le gisement d'Anitapolis.
- **Etats-Unis** : Plusieurs nouvelles mines de phosphates sont proposées en Floride, mais l'attribution des permis d'exploitation a été retardée par des lenteurs administratives.

4.1.2 Structure de la demande

Demande mondiale

La demande mondiale pour le minerai de phosphate est étroitement liée à la production d'acide phosphorique (H_3PO_4) dont le minerai de phosphate est l'ingrédient principal. L'acide phosphorique sert à la préparation de sels phosphatiques pour les engrais. Ce marché représente 80% de la production d'acide phosphorique, le reste de la production allant à diverses utilisations industrielles.

Les Etats-Unis produisent environ 10 Mt d'acide phosphorique à partir de phosphates extraits de gisements américains et marocains. 80% environ de l'acide phosphorique sert à la production de fertilisants agricoles.

Le marché mondial de l'acide phosphorique (et donc la demande mondiale pour le phosphate) est dominé par la forte croissance de la demande dans les pays en voie de développement. Cette tendance est le résultat de plusieurs facteurs :

- Un plafonnement de la demande dans les pays industrialisés suite à des considérations environnementales (par exemple, l'impact du phosphate sur les écosystèmes aquatiques) ;
- Une forte croissance de la demande dans les pays émergents (Chine, Inde, Brésil, etc.) où les industries agro-alimentaires cherchent à améliorer leurs rendements par une plus forte utilisation d'engrais. L'utilisation d'engrais dans la production agricole augmente généralement en concertation avec le niveau de vie des sociétés.

Le niveau mondial d'utilisation des usines de production tourne autour de 80-85%, ce qui indique un équilibre satisfaisant entre l'offre et la demande. Le taux d'utilisation avait baissé jusqu'à 75% au début des années 2000.

Une tendance importante au niveau du marché des phosphates est la croissance de la demande pour l'acide phosphorique en Afrique. Traditionnellement, l'Afrique a été la principale région exportatrice de phosphates, puisque la capacité de production dépassait largement les besoins nationaux. L'amélioration des pratiques agricoles pousse les agriculteurs africains à une utilisation plus importante d'engrais, ce qui réduirait les capacités exportatrices du continent africain. Les projets de développement des phosphates de Matam permettent de rétablir cet équilibre en identifiant de nouvelles sources de production de phosphates pour satisfaire la demande des marchés étrangers.

Cas spécial : le phosphate finement broyé pour le transport par minéraloduc

Une des propositions techniques envisagée par notre équipe est le transport du minerai de phosphate par minéraloduc, ce qui requiert le broyage du phosphate en particule de 40 micron de diamètre (soit 0,04 mm). Ces particules, qui sont mélangées à de l'eau pour créer la pulpe, sont éventuellement restituées à l'arrivée du minéraloduc par un procédé de déshydratation et de séchage.

L'acceptabilité d'un tel produit varie selon les clients :

- **Au Sénégal :** Les ICS nous ont informés que l'usine de Darou pourrait accepter le phosphate broyé à 40 microns après qu'il fût mélangé avec le phosphate produit à la mine de Taïba (dont la taille varie de 4 à 800 microns), sous réserve de tests complémentaires en laboratoire ;
- **Aux Etats-Unis :** The Mosaic Company, un des leaders mondiaux de la production d'engrais à base de potasse et de phosphate avec un revenu annuel de 5,3 milliards USD (2006), nous a informés qu'une granularité de 40 microns était trop fine pour leurs besoins.

Quelques autres points importants à noter sur le phosphate finement broyé :

- **Transport par minéraloduc :** Le transport de minerai par minéraloduc est une pratique bien établie dans l'industrie minière, couvrant des distances allant jusqu'à 400 km (tableau 4-2).
- **Transport par train :** Le transport par wagons d'une poudre phosphatique présente des dangers d'émissions qui peuvent être partiellement maîtrisés par l'utilisation de wagons citernes ou autre matériel roulant hermétique (wagons couverts).
- **Transport maritime :** Le chargement d'une poudre phosphatique dans des vraquiers océaniques s'apparente au ciment et ne pose donc pas de problème spécial au niveau du futur port de Bargny. Après séparation de la pulpe, le phosphate devrait avoir un taux d'humidité de 5% à 7% pour faciliter le

chargement/déchargement et limiter les émissions de poussière. Les propriétaires de vraquiers tendent à rechigner lorsque le taux d'humidité atteint 14%-15%.

Pays	Mine	Minerai	Distance (km)
Amériques			
Argentine	Alumbrera	Cuivre et or	312
Brésil	Alegria	Fer	396
Brésil	Samarco	Fer	400
Brésil	Paragominas	Bauxite	244
Chili	Candelaria	Cuivre	100
Chili	Collahuasi	Cuivre	203
Chili	Disputada	Cuivre	57
Chili	Escondida	Cuivre	167
Chili	Los Pelambres	Cuivre	55
Pérou	Antamina	Cuivre et zinc	302
USA (Arizona)	Black Mesa	Charbon	273
USA (Utah)	Vernal	Phosphate	153
Asie/Océanie			
Australie	Century	Zinc et plomb	300
Chine	Da Hong Shan	Fer	177
Chine	Jian Shan	Fer	105
Chine	Weng Fu	Phosphate	45
Inde	Bailadilla	Fer	267
Indonésie	Batu Hijau	Cuivre et or	18

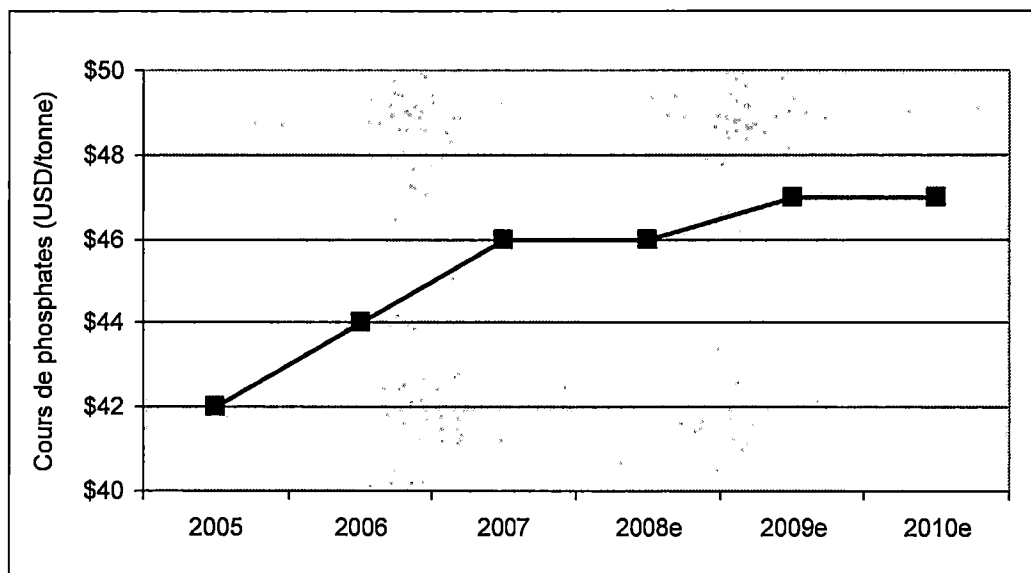
Tableau 4-2 : Liste des principaux minéraloducs⁵

4.1.3 Evolution des cours du phosphate

La stabilité au long-terme qui caractérise le marché du minerai de phosphate démontre la présence d'un équilibre entre l'offre et la demande. Les producteurs de phosphate sont souvent liés aux centres de production de l'acide phosphorique par des contrats de longue durée qui stabilise le marché mondial. Les producteurs d'acide phosphorique cherchent parfois à s'intégrer verticalement par l'acquisition ou le contrôle de gisements de phosphates.

⁵ Source: Chevron Corporation, CiDRA Corporation, Freeport-McMoRan Copper & Gold, Mining-Technology.com, Pipeline Systems Inc, Weir Netherlands

Les cours mondiaux des phosphates (graphe 4-2) ont augmentés de 10% lors des deux dernières années (2005 à mi-2007), mais ils devraient rester plutôt stables en valeur nominale (y compris inflation). Le prix des phosphates de Matam devraient être plus élevé que la moyenne grâce à sa faible teneur en cadmium, mais le coût livré au port de Bargny ne peut être estimé à ce stade de l'étude sans une meilleure connaissance des coûts d'extraction à la mine.



Grappe 4-2 : Evolution du cours des phosphates – prix courants⁶

Il est utile de noter qu'IFFCO, la coopérative indienne qui a récemment pris le contrôle des ICS, a exprimé son intérêt pour la concession de Matam. Le gouvernement sénégalais a jusqu'à maintenant préféré attendre une étude approfondie du potentiel commercial des gisements de Matam. Vu l'évolution de la demande domestique et mondiale, il semble probable que le phosphate de Matam pourra être exploité dans le cadre d'accords d'approvisionnement au long terme qui apporteront une certaine stabilité du prix de revient.

4.2 PREVISIONS A LONG-TERME DES PHOSPHATES DE MATAM

Prévisions du marché mondial

SRI International prévoit que la demande mondiale pour l'acide phosphorique devrait croître en moyenne par 2.0% par an jusqu'à 2010, la période de prévision (tableau 4-3). La valeur FOB (free on board) du marché des acides phosphoriques se situait autour de 12 milliards USD en 2005.

⁶ Source: Banque mondiale ; e = estimation

La stabilité de la demande mondiale pour l'acide phosphorique suggérerait donc que le marché des phosphates continuera de croître de façon satisfaisante. Merchant Research and Consulting prédit que la demande pour le phosphate continuera de croître de plus de 3% par an sous l'effet de la demande de pays émergents (comme la Chine, l'Inde, le Brésil, le Mexique, l'Indonésie et l'Argentine) pour l'acide phosphorique. Cette prédiction rejoint la croissance historique du phosphate qui s'est élevée à 2,8% par an lors de 5 dernières années.

Source	Produit	Prévision de la croissance	Période de prévision
SRI International	Acide phosphorique	2%	Jusqu'en 2010
Merchant Research and Consulting	Phosphate	Plus de 3%	Jusqu'en 2010

Tableau 4-3 : Prévisions de marché

Prévisions du marché sénégalais

A la demande de la Direction des Mines et de la Géologie, nous avons basé nos principales projections sur un gisement de 40 Mt de phosphates à Matam, ce qui correspond aux réserves prouvées du site. Des réserves plus importantes pourraient éventuellement être démontrées dans la région, ce qui amènerait le potentiel exploitable aux alentours de 80 Mt.

Les ICS ont indiqué un fort intérêt pour qu'une de leur deux unités de production de Darou Khoudoss soit dédiée aux phosphates de Matam à hauteur d'un Million de tonnes par an. La seconde unité resterait dédiée aux phosphates de Taïba.

La reprise des ICS par l'opérateur indien IFFCO apportera les éléments suivants :

- Stabilité financière avec une recapitalisation à hauteur de 80 M\$;
- Stabilité technique, avec une gestion plus rigoureuse de l'infrastructure d'extraction et de traitement ;
- Stabilité commerciale, avec des débouchés commerciaux assurés par IFFCO sur le marché indien.

Ce retour à la stabilité financière, technique et commerciale est important pour la prédiction de la demande pour les phosphates de Matam. IFFCO a par ailleurs exprimé un fort intérêt pour la concession de Matam, mais le gouvernement sénégalais a préféré séparer les discussions sur la reprise des ICS et sur la concession de Matam.

Sur la base des discussions avec les divers intervenants du projet, il est possible de développer les scénarios suivants pour les phosphates de Matam :

- **Scénario de base** : production et transport de 1,5 Mt par an ;
- **Scénario optimiste** : production et transport de 2 Mt par an ;
- **Scénario conservateur** : production et transport de 1 Mt par an.

Sur 20-30 ans, il est concevable que les volumes indiqués puissent changer. Par exemple, la production de phosphate pourrait passer de 1,5 Mt (scénario de base) à 2 Mt (scénario optimiste) si la situation suivante se produit: (a) forte augmentation des prix de revient du phosphate ; et (b) doublement des réserves prouvées à Matam. Dans cette éventualité, la société d'exploitation de Matam pourrait envisager une augmentation de la capacité d'extraction pour optimiser son profit, ce qui favoriserait une solution de transport à capacité flexible.

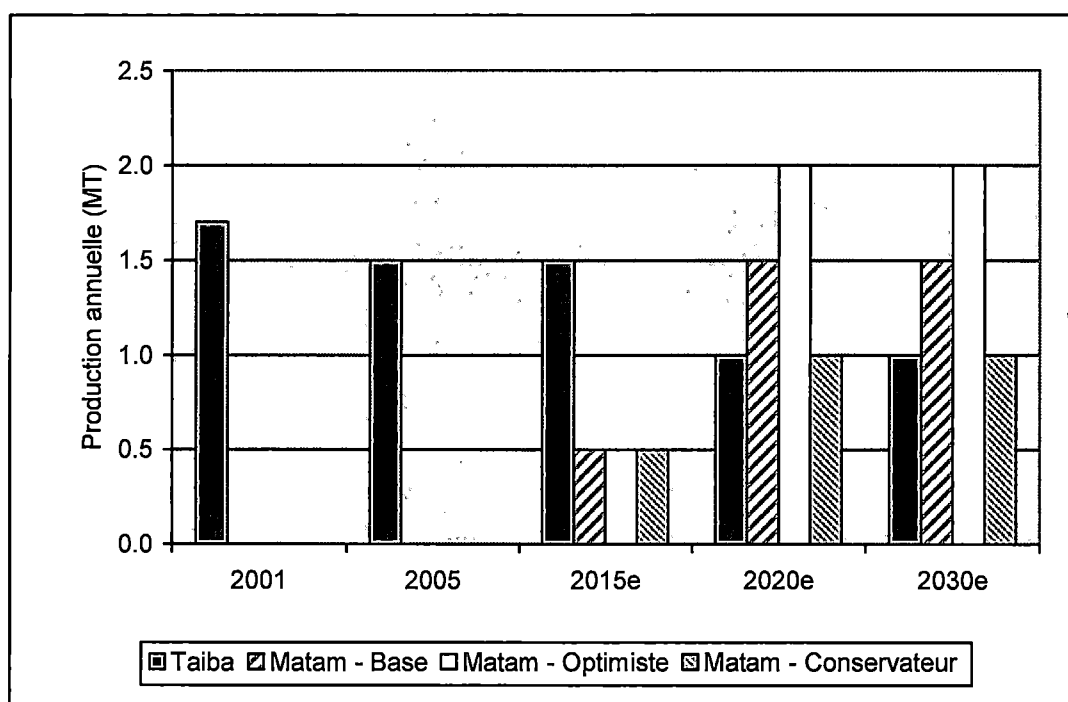


Figure 4-3 : Prévisions de production annuelle de phosphate⁷
(Scénarios de base, optimiste et conservateur)

La figure 4-3 présente les trois scénarios possibles pour l'exploitation de Matam. La production en 2015 est inférieure à la production maximale, car la mise en place progressive des infrastructures d'extraction et de transport prendra de quatre à cinq ans après attribution de la concession.

Une fois que la production à Matam sera lancée, la production de la mine de Taïba, qui est de moindre qualité et qui s'épuise, pourrait chuter à 1 Mt/an, seuil maximal pour une des deux unités de production des ICS.

⁷ e: estimation

Pour les différents modes de transport, aucune des options ne présente de contrainte particulière de capacité. Il faut cependant noter que le minéraloduc aura une capacité de transport fixe une fois qu'il sera mis en place, alors que la capacité des autres modes de transport (rail, barge et camion) pourra être plus facilement augmentée par la mise en service de matériel roulant supplémentaire.

Analyse de risque

Les risques éventuels pour les phosphates de Matam sont les suivants:

- Délai dans la mise en œuvre du chantier de production des mines de phosphates ;
- Délai dans la construction et la mise en service du réseau de transport ;
- Délai de construction et de mise en service du système de transport ;
- Difficultés techniques dans l'exploitation du réseau de transport ;
- Volume de production de phosphates à Matam est plus faible que prévu ;
- Cours mondial du phosphate en chute libre ;
- Impacts environnementaux ;
- Obstacles réglementaires.

Le tableau 4-4 présente une synthèse de la probabilité du risque et de son impact sur la viabilité du système de transport, ainsi que des mesures d'atténuation qui seraient envisageables.

Type de risque	Probabilité	Impact sur la viabilité du système de transport	Mesures d'atténuation
Délai de production des mines de Matam	Forte Ce type de projet prend souvent du retard.	Faible Impact principalement sur le cash flow du réseau de transport pendant les premières années.	Options limitées, car la passation de contrats pour la construction des infrastructures et la commande du matériel roulant se fait plusieurs années à l'avance.
Délai de construction et de mise en service du système de transport	Moyen (barge et rail) Faible (route et minéraloduc) Le réaménagement du fleuve Sénégal et la construction d'une voie ferrée présentent des complexités techniques et réglementaires qui pourraient retarder le projet. La route est déjà prévue pour desservir Matam.	Moyen Le délai peut occasionner des surcoûts inattendus au niveau des frais de financement et/ou des frais d'exploitation.	Sélection d'un mode de transport qui présente le moins d'obstacles techniques, réglementaires et institutionnels que possibles.
Difficultés techniques dans l'exploitation du réseau de transport	Forte (rail, route et barge) Faible (minéraloduc) Des problèmes d'exploitation liés à la congestion du réseau et/ou la mauvaise qualité de certaines infrastructures pourraient dégrader la qualité des prestations de transport.	Fort Le business model du transporteur (et de la société d'exploitation de Matam) est basé sur des hypothèses de rendement du système de transport.	Investissements adéquats pour construire, rénover et/ou augmenter la capacité des infrastructures de transport. Sélection d'un mode de transport offrant le moins d'impondérables et le plus de contrôle.
Volume de production de phosphates à Matam est plus faible que prévu	Faible Sauf situation inattendue, la société d'exploitation de Matam voudra rentabiliser ses investissements.	Moyen La rentabilité du système de transport suppose un volume minimum de phosphates.	Insertion d'une clause dans la concession de la mine et/ou le contrat de transport prévoyant des pénalités en cas de réduction des volumes à transporter.

Type de risque	Probabilité	Impact sur la viabilité du système de transport	Mesures d'atténuation
Cours mondial du phosphate en chute libre	Faible Le cours mondial du phosphate est stable depuis plusieurs années, et la production des phosphates de Matam est destinée à un marché captif.	Moyen La rentabilité du système de transport suppose un tarif minimum pour le transport des phosphates.	Intégration verticale entre concessionnaire de la mine, transporteur, ICS et clients finaux (IFFCO en Inde, etc.).
Impacts environnementaux	Moyen Les différents systèmes de transport présentent tous des impacts environnementaux lors du stockage, chargement, transport et déchargement des phosphates (squalité de l'air, etc.).	Faible Le parcours de différents modes de transport semble éviter les zones sensibles comme les parcs nationaux, les forêts et les marécages.	Etudes approfondies pour bien étudier les éventuels impacts environnementaux.
Obstacles réglementaires	Moyen (barge et minéraloduc) Faible (rail et route) Les modes de transport (barge et minéraloduc) requérant des autorisations auprès de l'OMVS seraient éventuellement plus difficiles à faire approuver que les modes de transport (rail et route) exclusivement sous contrôle sénégalais.	Faible Les obstacles réglementaires peuvent être rapidement identifiés et traités en début de projet.	L'engagement de l'Etat sénégalais sur les gros projets d'investissements permettra d'atténuer les obstacles réglementaires. Des contacts initiaux avec l'OMVS devraient permettre de débroussailler les questions réglementaires.

Tableau 4-4 : Synthèse des principaux risques du projet de transport des phosphates de Matam

5. TACHE 3 : MODELE DE TRANSPORT

Ce chapitre présente le modèle de transport pour le projet des phosphates de Matam, y compris les aspects liés à la construction et à l'exploitation d'un réseau de transport. Il est accompagné d'un manuel d'utilisation en annexe du présent rapport qui explique les paramètres du modèle. Le chapitre est divisé en sept parties :

- Introduction ;
- Rapport de mission ;
- Avantages comparatifs des modes de transport ;
- Aperçu du modèle ;
- Transport par rail, route et barge ;
- Transport par minéraloduc ;
- Analyse des résultats du modèle de transport.

5.1 INTRODUCTION

5.1.1 Caractéristiques du gisement

Un projet d'exploitation de la mine de Matam est proposé pour un gisement de 40 Mt de phosphates de haute qualité. Cette qualité se traduit par une forte teneur minérale (27% de P_2O_5) et par des niveaux réduits de métaux lourds nocifs comme le cadmium et l'arsenic. Le minerai issu directement du gisement (ou un minerai légèrement traité) est une excellente matière primaire pour la production d'acide phosphorique et de dérivés chimiques d'engrais. Deux marchés sont possibles :

- Un marché national auprès des ICS à leur usine d'acide phosphorique située à Darou Khoudoss (entre Dakar et St. Louis) ;
- Un marché de l'export vers les Etats-Unis, l'Europe ou l'Asie par le futur port minéralier de Bargny (au sud-est de Dakar).

Le gisement de Matam se situe à 70 kilomètres au sud-est du port fluvial de Matam et de la ville d'Ourosogui. Le gisement de phosphate fait partie d'une zone minéralogique caractérisée par des dépôts marins de phosphate, d'argiles et d'évaporites, et des latérites de fer des deux cotés du fleuve Sénégal. Le potentiel phosphatique régional (au Sénégal sur la rive gauche et en Mauritanie sur la rive droite du fleuve) pourrait aller jusqu'à 250 Mt.

La concession de Matam est estimée à 28 Mt de minerai à Ndiendouri (secteur nord) et 12 Mt à Ouali Diala (secteur sud). Les zones sont pratiquement contiguës. De nouveaux forages pourraient éventuellement confirmer des réserves supplémentaires près de la zone de concession.

Les études techniques préparées au début des années 80 par le cabinet d'étude BRGM et par d'autres cabinets ont estimé le potentiel de production aux alentours de 2 Mt par an. A cette époque, les études proposaient un système de chariots sur câble pour enlever une couche superficielle de 8 à 10 mètres et d'excavateurs à pneu en caoutchouc pour excaver le minerai. Avec les technologies actuelles et le rythme de production qui est proposé, un système de camions et de pelleteuses serait vraisemblablement plus économique.

Une partie importante de la production minière pourrait être vendue directement comme substitut de concentré aux ICS pour leurs unités de production à Darou Khoudoss. Des méthodes simples de filtrage à sec pourraient produire un produit final dépassant les 30% de P_2O_5 avec un rejet de 20% ou moins du poids total. Un travail complémentaire d'analyse et de développement de procédés permettra de confirmer cette hypothèse.

5.1.2 Les différentes options de transport

Le rapport de mission définitionnelle⁸ qui a été commanditée par l'USTDA en préparation de ce projet d'assistance technique a permis d'ébaucher les grandes lignes des options de transport des phosphates de Matam.

A partir de ce rapport et de nos propres constatations, nous avons analysé les options de transport suivantes :

- **Transport par voie ferrée:** Le transport de phosphate par voie ferrée nécessitera la construction d'une nouvelle ligne entre Matam et le réseau ferroviaire national, ainsi que le renforcement du réseau existant pour accepter des charges plus lourdes par essieu. Quatre alternatives sont identifiées :
 - *R1–Option orientale (135 km)* : liaison de Matam à Kidira (et non à Goudiry comme indiqué dans nos termes de références) pour relier la ligne ferroviaire principale entre Dakar et Bamako ;
 - *R2–Option occidentale (185 km)* : liaison de Matam à Tambacounda pour relier la ligne ferroviaire principale entre Dakar et Bamako ;
 - *R3–Option septentrionale 1 (323 km)* : liaison de Matam à Louga pour relier ligne ferroviaire hors service entre Thiès et St. Louis ;
 - *R4–Option septentrionale 2 (338 km)* : liaison de Matam à Kébémér pour relier la ligne ferroviaire hors service entre Thiès et St. Louis ;
- **Transport par route ou par route/rail :**
 - Transport par camion jusqu'à un terminal de transfert route/rail situé à Kidira, Tambacounda, Louga ou Kébémér;
 - Transport par camion directement jusqu'au port de Bargny ou à l'usine de production des ICS ;

⁸ Source: *Senegal Port Sector Definition Mission, USTDA-06-11-011, Final Report, Decision/Analysis Partners, 15 mai 2006*

- **Transport fluvial** : Transport de phosphate par barge sur le fleuve Sénégal de Matam à St. Louis (662 km) pour transfert sur barge océanique ou sur wagons ;
- **Transport par minéraloduc** :
 - Transport par minéraloduc jusqu'à un terminal de séchage situé à Kidira, Tambacounda, Louga ou Kébémér pour effectuer un transfert sur wagons ;
 - Transport par minéraloduc directement jusqu'au port de Bargny ou à l'usine de production des ICS

Bien que le prix du minerai de phosphate ait augmenté pendant les cinq dernières années, la taille relativement modeste du gisement de Matam (40 Mt) rend encore plus critique la recherche d'une solution de transport efficace et économe. Notre étude présente ainsi les solutions optimales pour le transport par rail, par route, par barge et par minéraloduc dans le but d'assister la Direction de Mines et de la Géologie dans son planning de développement des ressources phosphatiques de Matam.

5.2 RAPPORT DE MISSION

La première mission des consultants s'est déroulée à Dakar en mai 2007. En premier lieu, les membres de l'équipe ont identifiés et étudié les documents techniques sur le gisement de Matam, les études antérieures sur de possibles solutions de transport, les pratiques engagées par d'autres projets miniers de part le monde, et l'état des infrastructures de transport au Sénégal. Nous avons ensuite visité en véhicule 4x4 les sites les plus importants pour l'évaluation des scénarios de transport (tableau 5-1).

Site	Objet
Bargny	Site éventuel du nouveau port minéralier
Thiès	Voie ferrée vers St. Louis
Mboro	Port desservant l'usine phosphorique des ICS
Kébémér	Site éventuel d'un terminal de transfert route/rail ou minéraloduc/rail
Louga	Site éventuel d'un terminal de transfert route/rail
Saint Louis	Site éventuel d'un terminal fluvial de déchargement
Diama	Barrage et écluse présentant une restriction possible pour les barges
Podor	Cours du fleuve Sénégal
Matam	Site éventuel d'un terminal fluvial de chargement des barges
Ourossogui	Gisement de phosphates

Site	Objet
Oourossogi/Tambacounda	Topographie du tracé éventuel de la voie ferrée ou du minéraloduc reliant le gisement de Matam à Tambacounda
Tambacounda	Site éventuel d'un terminal de transfert route/rail ou minéraloduc/rail, et le point d'interconnexion probable avec la voie ferrée desservant la mine de fer de la Falémé au sud-est
Tambacounda/Dakar	Voie ferrée en service

Tableau 5-1: Liste des sites visités

Ce déplacement, d'une grande utilité, a permis de faire les constats suivants :

- **Navigation fluviale:**
 - L'épave d'un vieux bateau à Matam suggère des activités fluviales conséquentes à une époque ancienne. Un dock à Podor, construit avec une longue inclinaison, suggère une variation importante du niveau des eaux entre la saison des pluies et la saison sèche.
 - Il pourrait y avoir des zones peu profondes dans le fleuve, mais nous n'en avons pas observées.
 - L'écluse de Diam est le principal point de restriction sur le fleuve.
 - Quatre bancs de sable à l'embouchure du fleuve Sénégal à Saint Louis sont une préoccupation, car ils limitent l'accès à l'océan. Les vagues de l'Océan Atlantique sont assez fortes, même par jour calme, indiquant la nécessité d'une jetée en eau profonde de l'autre côté de la Langue de Barbarie pour le chargement de barges océaniques ou de vraquiers en mer.
- **Navigation terrestre (rail, route et minéraloduc) :**
 - Pour toutes les alternatives par voie terrestre, le parcours éventuel traverserait des contrées relativement plates. Les conditions sont idéales pour la construction et l'exploitation de routes, de voies ferrées ou de minéraloduc. Pour le minéraloduc, la principale préoccupation serait la disponibilité d'électricité pour alimenter les pompes et de route d'accès pour l'entretien.
- **Chemin de fer :**
 - La topographie du tronçon Dakar/Tambacounda est plate et dégagée, favorisant ainsi la construction d'une deuxième voie ferrée si telle est la décision de Mittal pour la desserte de la mine de fer de la Falémé.

- **Réseau routier :**

- Le scénario routier est le plus aisé à mettre en place d'un point de vue opérationnel car deux routes d'accès seront disponibles pour desservir Matam : par l'ouest vers Linguère (qui sera complétée en 2009), et par le sud-est vers Kidira. Cependant, la qualité moyenne des routes et le manque d'entretien régulier pourraient créer des gros soucis en cas de trafic régulier de poids lourds. La route de Tambacounda à Dakar est en mauvais état. Ainsi, les problèmes d'entretien, de dégradation et d'encombrement pourraient réduire la vitesse moyenne des camions, ce qui résulterait par un accroissement des coûts de transport.

Suite à cette mission sur le terrain, les consultants ont organisé un atelier le 8 juin 2007. La présentation de cet atelier se trouve dans l'Annexe B.

5.3 AVANTAGES COMPARATIFS DES MODES DE TRANSPORT

5.3.1 Transport par voie ferrée

Le train a l'avantage d'acheminer de grosses quantités de minerai sur une voie dédiée, ce qui facilite l'exploitation et la maintenance des infrastructures de transport. Le train est souvent une solution avantageuse pour les gros projets miniers, surtout quand l'accès ferroviaire est déjà en place. Autrement, des investissements assez importants sont nécessaires pour la construction et/ou la réhabilitation du rail. D'un point de vue économique et opérationnel, une solution ferroviaire a deux inconvénients : le retour à vide des wagons après déchargement du minerai, et la relative inflexibilité du trajet qui doit suivre le réseau existant.

Dans le cas du Sénégal, Mittal s'est engagé à construire une voie ferrée de 6 km reliant Diam-Niadio (sur la ligne principale de Dakar/Bamako) au futur port minéralier de Bargny. Plus au nord, l'usine des ICS est déjà reliée au réseau ferroviaire national.

5.3.2 Transport routier

Le camion est le mode de transport le plus flexible, car il peut généralement aller partout sur le réseau routier (sauf restrictions spéciales sur les poids lourds). Le terrain plat du Sénégal oriental favorise particulièrement l'exploitation d'une flotte de camion, bien que les problèmes de congestion et de maintenance pourraient créer des difficultés d'exploitation à terme.

Comme la construction et l'entretien des routes sont généralement la responsabilité de l'Etat, le transport routier a l'avantage de demander des investissements initiaux relativement modestes de la part du concessionnaire minier. Cependant, les coûts variables sont souvent plus élevés, car un camion au Sénégal est limité à 13 tonnes par essieu et ne peut tirer que deux remorques au maximum. Le fuel est une dépense majeure, car les camions sont moins économes que les autres modes de transport.

5.3.3 Transport fluvial

Le transport du minerai par voie fluviale ou maritime est presque toujours la solution la moins chère, car un fleuve a généralement des coûts d'entretien beaucoup plus modeste que le transport routier ou ferroviaire. Le principal désavantage du transport fluvial est sa relative inflexibilité car les barges doivent suivre le cours de l'eau. Dans le cas du fleuve Sénégal, cela implique le transfert à St. Louis du minerai sur des barges océaniques ou dans des wagons pour être acheminé vers le port de Bargny.

Des travaux de balisage ont été lancés par l'OMVS pour faciliter la navigation sur le fleuve Sénégal, mais cette opération ne permettra pas un accès pérenne jusqu'à Matam. Une estimation précise du coût d'aménagement du fleuve Sénégal pour garantir un tirant d'eau de 2 mètres jusqu'à Matam 12 mois de l'année n'est pas disponible.

Pour le transport fluvial, le retour à vide des barges peut être coûteux. Les projets d'aménagement du fleuve et de contrôle des eaux peuvent aussi nuire à l'environnement humain et naturel. Plusieurs études ont noté les problèmes de santé des populations limitrophes suite à la construction du barrage de Diama.

5.3.4 Transport par minéraloduc

Si un minéraloduc est correctement conçu et dimensionné, un taux d'utilisation optimal aux alentours de 100% est possible. Puisqu'il est enterré sur l'ensemble de son parcours, il présente par ailleurs de faibles risques d'accident et aucun risque de congestion. De plus, un minéraloduc n'a pas le même problème de retour à vide que les autres solutions de transport. Au Sénégal, l'eau extraite de la pulpe pourra être recyclée à l'arrivée (à Darou Khoudoss ou à Bargny) à des fins agricoles ou industrielles.

Un minéraloduc demande des ponctions d'eau à partir d'une source pérenne. Pour le projet de Matam, cette ponction d'eau pourrait se faire dans le fleuve Sénégal, sous condition d'obtenir une autorisation de l'OMVS. Le volume proposé (2 million de m³ par an, soit 0,07 m³ par seconde pour 330 jours d'exploitation par an) est négligeable comparé au débit du fleuve Sénégal, même en période sèche.

5.4 APERÇU DU MODELE

Un aperçu de la construction du modèle et de son utilisation est présentée dans l'annexe A à la fin du rapport.

5.5 TRANSPORT PAR RAIL, ROUTE ET BARGE

5.5.1 Transport ferroviaire

Les données du modèle pour le transport ferroviaire sont les suivantes :

- **Nouvelle voie ferrée** : Distance, en kilomètre, de la nouvelle voie ferrée à construire.
- **Voie ferrée réhabilitée** : Distance, en kilomètre, de la voie ferrée existante à réhabiliter.
 - La voie ferrée entre Dakar et Bamako ne peut accepter qu'une charge maximale de 17 tonnes par essieu. Pour permettre le passage de wagons de minerai (charge moyenne de 22 tonnes par essieu), il faudra remplacer le rail existant (36 kg le mètre) avec un rail plus lourd (54 ou 60 kg le mètre) et refaire une partie du ballast. Le même travail de réhabilitation sera nécessaire pour la voie ferrée desservant St. Louis qui est aujourd'hui hors service.
- **Coût par km, nouvelle voie ferrée** : Coût de construction pour un kilomètre de voie ferrée dans la région de Matam. Ce chiffre a été fourni par Transrail et validé avec d'autres projets ferroviaires miniers, par exemple au Brésil. Le coût de construction est estimé à 700.000 \$/km, chiffre qui est inférieur de 100.000 \$/km aux estimations de Mittal pour la voie ferrée qui desservira la mine de fer de la Falémé. La région au sud-ouest du Sénégal est en effet plus vallonnée que la région de Matam et demandera donc plus d'ouvrages d'art.
 - **Option F1** (rail/rail par Kidira) : Nous avons supposé que la société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de la voie ferrée pour le tronçon Kidira/Tambacounda.
 - **Option F3** (rail/rail par Louga) : Nous avons supposé que la société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de la voie ferrée pour le tronçon Louga/Diam-Niadio.
 - **Option F4** (rail/rail par Kébémér) : Nous avons supposé que la société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de la voie ferrée pour le tronçon Kébémér/Diam-Niadio.
- **Coût par km, voie ferrée réhabilitée** : Coût de réhabilitation d'un kilomètre de voie ferrée existante, estimé à 425.000 \$/km selon Transrail.
 - **Option F1** (rail/rail par Kidira) et **F2** (rail/rail par Tambacounda) : Nous avons imputé 20% du coût de réhabilitation du tronçon Tambacounda/Diam-Niadio à la société d'exploitation de Matam. En effet, pour les besoins du modèle, nous avons supposé que le coût de réhabilitation serait partagé avec le concessionnaire des mines de fer de la Falémé (Mittal). *A ce stade, aucune discussion n'a été engagée avec Mittal ou un tiers sur un éventuel partage de coûts.*
- **Jours d'exploitation** : Nombre de jours d'exploitation par an. Les autres jours de l'année sont censés représenter les jours fériés, les jours d'entretien et les jours où le réseau pourrait être hors service. En considération du climat et de la topologie du Sénégal, une exploitation de 330 jours par an semble être une estimation raisonnable.

- **Vitesse lors d'un cycle** : Vitesse chargée (25 km/h) et à vide (30 km/h). Ces vitesses sont déterminées par les données typiques pour des projets similaires dans d'autres pays. Ces hypothèses sont assez conservatrices, car des vitesses supérieures pourraient accroître les coûts de maintenance de la voie ferrée.
- **Temps au terminal** : Durée en heure pour le chargement et le déchargement. Le temps de maintenance des wagons est compris dans cette estimation, qui est basée sur l'expérience de projets similaires dans d'autres pays.
 - Pour un terminal ferroviaire, la durée de chargement, déchargement et maintenance est estimée à 10 heures par cycle, en supposant que des pelles buttes sont utilisées pour remplir les wagons. Cela permet d'éviter des systèmes de chargement automatisés qui coûtent beaucoup plus cher. En Australie, les pelles buttes sont utilisées pour charger des trains de 200 wagons.
- **Durée d'un cycle** : Temps de transport, en heures, d'un train, y compris le temps au terminal pour le chargement, le déchargement et la maintenance.
- **Nombre de wagons par train** : Le chiffre moyen est de 40 wagons par train, bien que ce chiffre soit légèrement ajusté lors de différentes itérations du modèle. Ce chiffre est calculé à partir de la durée d'un cycle, le nombre de rotations par train, et le nombre de rotations totales par an par mode de transport.
- **Cycles** : Le nombre de rotations par an par train. Cette donnée est calculée par le modèle, en supposant 7920 heures d'exploitation par an (330 jours x 24 heures) divisé par la durée du cycle pour un train. La configuration d'un train (locomotives et wagons) est calculée pour optimiser la productivité et minimiser le coût d'un train.
- **Capacité annuelle par train** : 1920 tonnes, soit 40 wagons par train avec une capacité nominale de 48 tonnes par wagon. Ce dernier chiffre est plus bas que ce qui est couramment utilisé pour des réseaux ferroviaires à rail étroit dans d'autre pays. Si Mittal se décide à construire une voie ferrée à écartement standard entre Tambacounda et Bargny, alors la capacité d'un wagon pourrait être augmentée.
- **Nombre de voyages par an** : Ce chiffre est calculé à partir du volume annuel de minerai (de 1 à 2 Mt) divisé par la capacité moyenne d'un train (1920 tonnes par train).

Pour les scénarios de transport ferroviaire, il est utile de préciser que le concessionnaire de Matam pourrait négocier un contrat de transport pour le minerai avec Transrail, le concessionnaire ferroviaire du Sénégal. Dans ce cas, les négociations entre le concessionnaire de Matam et Transrail détermineront le prix de transport, en sachant que Transrail devra couvrir ses coûts et ajouter une marge de profit. Pour parer à cette éventualité, le modèle peut calculer le coût total de transport à partir d'un prix négocié à la tonne avec Transrail.

Pour élaborer le modèle, nous avons utilisé comme base les données d'une étude détaillée des coûts de transport pour une mine au Brésil. Nous avons ensuite effectué les ajustements nécessaires tels les frais salariaux au Sénégal. Le salaire moyen au Brésil est de 1,88 \$/heure, comparé à 0.40 \$/heure au Sénégal.

A partir des hypothèses présentées ci-dessus, les tableaux suivants présentent les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation pour les quatre options de transport ferroviaire, en supposant l'option moyenne de 1,5 Mt/an (tableaux 5-2 et 5-3)).

	Option F1 : Rail/rail par Kidira	Option F2 : Rail/rail par Tambacounda	Option F3 : Rail/rail par Louga	Option F4 : Rail/rail par Kébémér
Construction de nouvelle voie ferrée	84,0 M\$	129,5 M\$	226,1 M\$	236,6 M\$
Réhabilitation de voie ferrée ⁹	62,3 M\$	15,3 M\$	57,4 M\$	43,3 M\$
Wagons	8,1 M\$	7,4 M\$	8,6 M\$	8,3 M\$
Locomotives	7,0 M\$	9,0 M\$	9,0 M\$	9,0 M\$
Terminal	25,0 M\$	25,0 M\$	25,0 M\$	25,0 M\$
Total	186,4 M\$	186,2 M\$	326,1 M\$	322,2 M\$

Tableau 5-2 : Transport ferroviaire – coûts d'investissement (USD millions)

⁹ La société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de tous les tronçons ferroviaires à l'exception du tronçon Tambacounda-Diam Niadio où elle n'assume que 20% du coût de réhabilitation qui est partagé avec la société d'exploitation de la Falémé.

	Option F1 : Rail/rail par Kidira	Option F2 : Rail/rail par Tambacounda	Option F3 : Rail/rail par Louga	Option F4 : Rail/rail par Kébémér
Carburant	4,37 \$	3,73 \$	3,51 \$	3,42 \$
Personnel de Train	0,27 \$	0,23 \$	0,22 \$	0,22 \$
Maintenance des locomotives	0,54 \$	0,45 \$	0,42 \$	0,42 \$
Maintenance des wagons	0,27 \$	0,24 \$	0,22 \$	0,21 \$
Maintenance du réseau	0,81 \$	0,69 \$	0,66 \$	0,64 \$
Divers	0,47 \$	0,40 \$	0,38 \$	0,37 \$
Total	6,73 \$	5,74 \$	5,41 \$	5,28 \$

Tableau 5-3 : Transport ferroviaire – coûts d'exploitation (USD/tonne)

5.5.2 Transport routier

Les données du modèle pour le transport routier sont les suivantes :

- **Nouvelle route** : Distance, en kilomètre, de la nouvelle route.
- **Route réhabilitée** : Distance, en kilomètre, de la route à réhabiliter ou à reconstruire.
- **Coût par km, nouvelle route** : Coût de construction pour un kilomètre de route dans la région de Matam, estimé par l'AATR à 700.000 \$/kilomètre.
 - **Option R2** (route au rail par Tambacounda) : La construction d'une nouvelle route est envisagée pour le tronçon Matam-Tambacounda.
 - **Option R4** (route directement de Matam à Darou Khoudoss et/ou Bargny) : La construction d'une nouvelle route est envisagée pour le tronçon Linguère-Kébémér en vue de raccourcir le trajet, les camions utilisant les routes existantes entre Matam et Linguère (prévu pour 2008) et entre Kébémér et Darou/Bargny.
- **Coût par km, route réhabilitée** : Coût de réhabilitation pour un kilomètre de route au Sénégal, estimé par l'AATR à 200.000 \$/kilomètre.
 - **Option R1** (route au rail par Kidira) : La route de Matam à Kidira étant plus ancienne que les autres, nous avons calculé un coût de réhabilitation pour ce tronçon (option R1).
- **Jours d'exploitation** : Nombre de jours d'exploitation par an. Les autres jours de l'année sont censés représenter les jours fériés, les jours d'entretien et les jours où le réseau pourrait être hors service. En considération du climat et de la

topologie du Sénégal, une exploitation de 330 jours par an semble être une bonne approximation.

- **Vitesse lors d'un cycle** : Vitesse chargée (50 km/h) et à vide (60 km/h). Ces vitesses sont déterminées par les données typiques pour les routes sénégalaises et peuvent être ajustées dans le modèle en fonction des données réelles sur le terrain. Les vitesses indiquées ne prennent pas en compte le temps de chargement et de déchargement.
- **Temps au terminal** : Durée en heure pour le chargement et le déchargement. Le temps de maintenance des camions est compris dans cette estimation, qui est basée sur l'expérience de projets similaires dans d'autres pays. Puisque les pelleteuses n'auront à charger qu'un camion à la fois, une heure entière est comptabilisée pour le chargement, plus une marge de 20% pour la maintenance des camions (donc 1h12).
- **Durée d'un cycle** : Temps de transport, en heures, d'un camion, y compris le temps au terminal pour le chargement, le déchargement et la maintenance. Ce chiffre est un des éléments clés de l'efficacité d'un système de transport.
- **Capacité en tonne par camion** : Estimée à 37 tonnes par camion, en supposant un camion de 11 tonnes à 6 essieux (donc poids total à charge de 48 tonnes). Un changement dans le Code de la Route pourrait permettre de passer à un camion à 8 essieux transportant 51 tonnes de minerai, mais cette hypothèse s'avère difficilement envisageable car le Sénégal a cadré sa réglementation sur des règles communes sous-régionales dans le cadre de la CEDEAO.
- **Cycles** : Nombre de rotations par an par camion. Cette donnée est calculée par le modèle, en supposant 7920 heures d'exploitation par an (330 jours x 24 heures) divisé par la durée d'un cycle pour un camion.
- **Capacité annuelle par camion** : Chargement acheminé par un camion pendant une période d'un an.
- **Nombre de voyages par an** : Ce chiffre est calculé à partir du volume annuel de minerai (de 1 à 2 Mt selon les cas) divisé par la capacité moyenne d'un camion (37 tonnes).

Le modèle utilise comme base les données (coûts d'exploitation par kilomètre) d'une enquête annuelle réalisée depuis 1974 pour le transport par camion au Canada et dans cinq régions des Etats Unis. Ces coûts, pour le même type de camion qui serait utilisé à Matam, ont été ajustés pour refléter les coûts de personnel et de fuel au Sénégal. Un coût d'exploitation de 1,58 \$/km en Amérique du Nord se traduit ainsi par un coût d'exploitation de 1,28 \$/km au Sénégal.

Pour le matériel roulant, nous avons supposé un achat initial de camions avec une durée de vie de 15 ans, et un renouvellement des véhicules en l'an 15.

A partir des hypothèses présentées ci-dessus, les tableaux suivants présentent les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation pour les quatre options de transport routier, en supposant l'option moyenne de 1,5 Mt/an (tableaux 5-4 et 5-5).

	Option R1 : Camion/rail par Kidira	Option R2 : Camion/rail par Tambacounda	Option R3 : Camion/rail par Louga	Option R4 : Camion direct jusqu'à Bargny
Tronçon routier				
Construction de nouvelle route		185,0 M\$		65,0 M\$
Réhabilitation de route	34,0 M\$			
Achat initial et renouvellement du parc camion	9,9 M\$	28,6 M\$	47,4 M\$	65,6 M\$
Sous-total	43,9 M\$	213,6 M\$	47,4 M\$	130,6 M\$
Tronçon ferroviaire				
Construction de nouvelle voie ferrée				
Réhabilitation de voie ferrée ¹⁰	62,3 M\$	15,3 M\$	57,4 M\$	
Wagons	9,4 M\$	7,2 M\$	4,0 M\$	
Locomotives	9,0 M\$	9,0 M\$	5,0 M\$	
Sous-total	80,7 M\$	31,5 M\$	66,4 M\$	
Terminaux				
Terminaux	31,0 M\$	31,0 M\$	31,0 M\$	31,0 M\$
Sous-total	31,0 M\$	31,0 M\$	31,0 M\$	31,0 M\$
Total	155,6 M\$	276,1 M\$	144,7 M\$	161,6 M\$

Tableau 5-4 : Transport routier – coûts d'investissement (USD millions)

¹⁰ La société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de tous les tronçons ferroviaires à l'exception du tronçon Tambacounda/Diam-Niadio où elle n'assume que 20% du coût de réhabilitation (car le phosphate ne devrait représenter qu'un quart du volume annuel de minerai de fer expédié par Mittal)

	Option R1 : Camion/rail par Kidira	Option R2 : Camion/rail par Tambacounda	Option R3 : Camion/rail par Louga	Option R4 : Camion direct jusqu'à Bargny
Tronçon routier				
Carburant	5,89 \$	9,08 \$	6,63 \$	22,80 \$
Frais de personnel	0,25 \$	0,39 \$	0,28 \$	0,96 \$
Maintenance	2,16 \$	3,33 \$	2,43 \$	8,36 \$
Sous-total	8,30 \$	12,80 \$	9,34 \$	32,12 \$
Tronçon ferroviaire				
Fuel	2,20 \$	1,73 \$	0,61 \$	
Frais de personnel	0,95 \$	0,74 \$	0,26 \$	
Autres	0,24 \$	0,18 \$	0,07 \$	
Sous-total	3,39 \$	2,65 \$	0,94 \$	
Terminaux				
Labor	1,25 \$	1,35 \$	1,28 \$	1,26 \$
Matériel	1,20 \$	1,52 \$	1,30 \$	1,24 \$
Sous-total	2,45 \$	2,87 \$	2,58 \$	2,50 \$
Total	14,14 \$	18,32 \$	12,86 \$	34,62 \$

Tableau 5-5 : Transport routier – coûts d'exploitation (USD/tonne)

5.5.3 Transport fluvial

Les données du modèle pour le transport fluvial sont les suivants :

- **Aménagement du fleuve Sénégal** : Pour permettre le transport fluvial 12 mois de l'année, un chenal de navigation devra être dragué jusqu'à Matam pour un tirant d'eau de 2 mètres. Ce projet ambitieux est en considération depuis plusieurs décennies, mais l'OMVS n'a malheureusement pas pu mobiliser les fonds. L'OMVS n'a pas d'estimation pour le coût de ce projet, mais nous l'avons estimé de façon prévisionnelle à 167 M\$ (soit 250.000 \$/kilomètre). Pour les besoins de l'analyse financière, nous avons imputé un tiers de ce coût au projet de Matam (soit 55,7 M\$). Une autre façon de voir la chose serait de dire que le

projet de Matam peut contribuer *tout au plus* un tiers du coût de réaménagement du fleuve. Sans autre investisseur ou bailleur potentiel, le projet de Matam à lui tout seul ne saurait justifier le réaménagement intégral du fleuve jusqu'à Matam.

- **Jours d'exploitation** : Nombre de jours d'exploitation par an. En considération du débit mensuel du fleuve Sénégal, 116 jours d'exploitation sont prévus sans dragage, et 330 jours d'exploitation sont prévus avec dragage et aménagement du fleuve.
- **Vitesse lors d'un cycle** : Vitesse chargée (à la descente) et à vide (à la montée) sont prévues à 8 km/h. Les vitesses indiquées ne prennent pas en compte le temps de chargement et de déchargement.
- **Temps au terminal** : Durée en heure pour le chargement et le déchargement des barges. Le temps d'entretien du pousseur est compris dans cette estimation, qui est basée sur l'expérience de projets similaires dans d'autres pays.
- **Durée d'un cycle** : Temps de transport, en heures, d'un pousseur et de son complément de cinq barges, y compris le temps au terminal pour le chargement, le déchargement et la maintenance. Ce chiffre est un des éléments clés de l'efficacité d'un système de transport.
- **Capacité en tonne par convoi fluvial** : Estimé à 830 tonnes par convoi fluvial, en considération des limites physiques de l'écluse de Diama. Un convoi fluvial comprend un pousseur et cinq barges, créant ainsi un convoi de deux unités (en largeur) par trois unités (en longueur).
- **Cycles** : Nombre de rotations par an par convoi fluvial. Cette donnée est calculée par le modèle, en supposant 7920 heures d'exploitation par an (330 jours x 24 heures) divisé par la durée d'un cycle pour un camion.
- **Capacité annuelle par convoi fluvial** : Chargement acheminé par un convoi fluvial pendant une période d'un an.
- **Nombre de voyages par an** : Ce chiffre est calculé à partir du volume annuel de minerai (de 1 à 2 Mt selon le cas) divisé par la capacité moyenne d'un convoi fluvial (830 tonnes).

Pour les coûts d'exploitation, le modèle prévoit un équipage de 8 hommes par convoi, avec deux équipes de 4 hommes travaillant 12 heures par jour. Une rotation (aller retour) de 7 jours est prévue, suivie de trois jours de repos pour l'équipage.

Une consommation d'un litre par tonne tous les 219 km est utilisée, à partir d'une estimation du coût de transport de minerai sur la rivière Parana en Amérique du Sud. Le coût d'exploitation sur la rivière reviendrait ainsi à 3,91 \$/tonne.

A partir des hypothèses présentées ci-dessus, les tableaux suivants présentent les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation pour les deux options fluviales (tableaux 5-6 et 5-7).

	B1 : Fleuve/océan par St. Louis	B2 : Fleuve/rail par St. Louis.
Tronçon barge		
Pousseur et barges fluviales	112,3 M\$	112,3 M\$
Dragage du fleuve (coût partiel)	55,7 M\$	55,7 M\$
Pousseur et barges océaniques	44,0 M\$	
Sous-total	212,0 M\$	168,0 M\$
Terminaux		
Terminal de transfert fleuve/océan par la Langue de Barbarie à St. Louis	81,0 M\$	
Terminal de transfert fleuve/rail à St. Louis		51,0 M\$
Sous-total	81,0 M\$	51,0 M\$
Tronçon rail		
Réhabilitation de voie ferrée		82,2 M\$
Wagons		5,2 M\$
Locomotives		7,0 M\$
Sous-total		94,4 M\$
Total		
	293,0 M\$	313,4 M\$

Tableau 5-6 : Transport fluvial – coûts d'investissement (USD millions)

	B1 : Fleuve/océan par St. Louis	B2 : Fleuve/rail par St. Louis
Tronçon barge		
Fuel	4,86 \$	3,53 \$
Frais de personnel	0,32 \$	0,23 \$
Matériel	0,22 \$	0,16 \$
Sous-total	5,40 \$	3,92 \$
Terminaux		
Frais de personnel	1,25 \$	1,25 \$
Matériel	1,28 \$	1,28 \$
Sous-total	2,53 \$	2,53 \$
Tronçon rail		
Fuel		1,14 \$
Frais de personnel		0,05 \$
Divers		0,45 \$
Sous-total		1,64 \$
Total		
	7,93 \$	8,09 \$

Tableau 5-7 : Transport fluvial – coûts d'exploitation (USD/tonne)

5.6 TRANSPORT PAR MINERALODUC

5.6.1 Introduction

Le transport de matériaux solides par système hydraulique de canalisation repose sur une longue tradition dans le secteur minier. De nombreux projets miniers modernes intègrent de tels systèmes, et des améliorations techniques récentes permettent de parcourir de longues distances de façon économique.

De nos jours, le transport par minéraloduc est une pratique mondialement reconnue qui repose sur un principe simple de propulsion d'une pulpe dans une canalisation à diamètre restreint (souvent en dessous d'un mètre). La longueur d'un minéraloduc peuvent varier entre de courtes distances entre unités de production et de longues distances allant jusqu'à 700 km entre mine et usine. Les minéraloducs peuvent traverser

des reliefs divers allant de plaines côtières aplaties à des montagnes découpées. La technologie du minéraloduc est utilisée pour des minerais divers comme le charbon, le minerai de fer, les concentrés de cuivre et les phosphates.

Le système de minéraloduc pour le Matam intégrerait les composantes suivantes :

- Une matière première adéquate (i.e. concentré de minerai de phosphate);
- La préparation et stockage de canalisations;
- Une unité de broyage du phosphate à 40 microns ;
- Une station de pompage primaire;
- La préparation de plans techniques pour le tracé, le minéraloduc et le système de contrôle ;
- Une ou plusieurs stations de pompage intermédiaire ;
- Une unité de réception, de déshydratation et de séchage du minerai ;
- Un system de stockage et de transfert;
- Les équipements de support tels : les routes d'accès, la sécurité du site, l'approvisionnement en eau et énergie, les camps de travail, et les ateliers de maintenance.

Bien que le principe soit simple, la conception et l'exploitation d'un minéraloduc demandent des tests, des plans techniques et une exploitation qui sont rigoureux. Un minéraloduc qui est conçu et construit selon les règles de l'art peut être performant pendant 20 à 30 ans sans demander de grandes améliorations.

5.6.2 Avantages et désavantages des minéraloducs

Les exigences opérationnelles étant assez rigides, le système de minéraloduc doit être conçu, construit et exploité avec rigueur et précision. En contrepartie, un minéraloduc bénéficie de coûts de transport relativement modestes et d'une grande fiabilité opérationnelle (tableau 5-8).

Avantages	Désavantages
Disponibilité élevée Faible impact environnemental Faible coût d'exploitation Risque limité d'accident Grande sécurisation du système	Coût d'investissement élevé Besoin en eau Exigences d'exploitation rigoureuses Capacité fixe

Tableau 5-8 : Mérites d'un système de minéraloduc

La proximité du fleuve Sénégal apporte des ressources en eau suffisantes qui pourront être réutilisées à l'arrivée du minéraloduc dans l'ouest du pays où l'eau potable fait défaut. L'eau ainsi récupérée peut être utilisée à des fins agricoles ou industrielles.

Les systèmes de minéraloduc sont bien sécurisés, car le minéraloduc est généralement enterré sur l'ensemble de son parcours. Les stations de pompage sont compactes et peuvent être protégées par une clôture.

5.6.3 Considérations importantes pour la conception du minéraloduc

A la différence des autres systèmes de transport, l'exploitation d'un minéraloduc présente beaucoup moins de flexibilité, surtout vis-à-vis de sa capacité de transport et du tracé qu'il emprunte. Ainsi, il devient extrêmement important de bien préparer la conception technique du minéraloduc selon les caractéristiques du minerai à acheminer, la topographie du terrain à parcourir, le volume prévu, etc. Une fois qu'un minéraloduc est mis en place, il peut fonctionner pendant des décennies de façon fiable et prévisible.

La conception technique d'un minéraloduc suit des approches techniques reconnues, qui peuvent varier d'un bureau d'étude à un autre, mais qui se fondent généralement sur des principes qui ont été validés par l'expérience. Les principaux éléments à retenir dans la conception d'un minéraloduc sont les suivants :

- **Vitesse de flux** : La vitesse de flux minimum (mesuré en « vitesse ») doit être calculée selon la densité du minerai (mesuré en « pesanteur »), la densité de la pulpe (mesuré en « pourcentage de solides »), et la taille des particules en suspension dans le fluide (mesuré en « millimètres » ou en « microns »).
- **Densité de la pulpe** : Le ratio des particules solides et de l'eau dans la pulpe, calculé comme un pourcentage du poids ou du volume.
- **Dimension des particules** : La dimension moyenne de la particule dans une pulpe est nécessaire pour le calcul de la vitesse requise à l'intérieur de la canalisation (« contrainte de volume »). En général, les particules plus grandes demandent une vitesse de flux et une énergie de pompage plus importantes.
- **Caractéristiques du fluide** : Les données techniques des éléments cités ci-dessus ainsi que le diamètre de la canalisation permettent de calculer les caractéristiques du fluide et de préparer une estimation préliminaire du coût du minéraloduc. Cependant, il est difficile de définir avec certitude les caractéristiques physiques de la plupart des pulpes minérales avant la réalisation de tests sur un prototype.
- **Importance de la dimension des particules**: Avant de le mélanger à l'eau pour créer la pulpe, le minerai doit être broyé pour atteindre la taille moyenne spécifiée par les ingénieurs. Un broyage plus fin permet généralement le pompage à coûts énergétiques moindres (tableau 5-9).

Dimensions des particules (microns)	Energie requise pour le pompage (kWh/tonne)	Coût d'exploitation (\$/tonne)
150	74.1	8,89 \$
75	43.7	5,24 \$
40	21.2	2,54 \$
Note: estimation pour un minéraloduc de 185 km reliant Matam à Tambacounda		

Tableau 5-9 : Coût d'exploitation selon la taille de la particule

5.6.4 Circuits pour le minéraloduc

Les scénarios suivants ont été évalués pour les options par minéraloduc (tableau 5-10).

Options	Description	Distance du minéraloduc
M1	Minéraloduc au rail par Kidira	120 km
M2	Minéraloduc au rail par Tambacounda	185 km
M3	Minéraloduc au rail par Louga	323 km
M4	Minéraloduc direct à Darou Khoudoss par Kébémér	403 km
M5	Minéraloduc direct à Bargny par Kébémér	475 km

Tableau 5-10: Destinations et distances pour les options par minéraloduc

Chaque option peut être caractérisée de la façon suivante :

- **Option M1 – minéraloduc au rail par Kidira** : Cette option suit l'amont du fleuve, l'accès le plus court pour atteindre la voie ferrée transversale reliant le Sénégal au Mali. Cette route est favorable aux minéraloducs car elle a un bon accès aux réseaux routier et électrique. Nous estimons la distance que le minéraloduc devra couvrir à 120 km à partir de mesures de GPS. Une unité de déshydratation et de séchage sera installée à Kidira le long de la voie ferrée pour faciliter le chargement du minerai sec dans les wagons. La proximité du fleuve Sénégal facilite la préparation et le pompage de la pulpe au départ, et l'eau traitée à l'arrivée pourra être reversé dans le fleuve après utilisation.
- **Option M2 – minéraloduc au rail par Tambacounda** : Ce circuit se dirige presque plein sud de Matam à Tambacounda, sur une distance que nous estimons à 185 km. Une unité de déshydratation et de séchage sera installée à l'est

de Tambacounda le long de la voie ferrée pour faciliter le chargement du minerai sec dans les wagons

Nous avons suivi le tracé éventuel de ce minéraloduc en véhicule 4x4, et la piste est difficile à suivre. L'accès aux infrastructures de base reste limité, et il n'y a aucun accès au réseau électrique national. Nous notons cependant un accès limité au service GSM le long de la piste. Pour cette option, il sera donc nécessaire de construire une route et d'étendre le réseau électrique, coûts que nous avons pris en compte dans les estimations budgétaires.

- **Option M3 – minéraloduc au rail par Louga :** Ce circuit suit la nouvelle route nationale de Louga à Matam dont la construction devrait s'achever en 2008. Nous estimons la distance que le minéraloduc devra parcourir à 323 km. Une unité de déshydratation et de séchage serait installée à Louga le long de la voie ferrée pour faciliter le chargement du minerai sec dans les wagons. La ligne de chemin de fer n'est pas en service entre Dakar et St. Louis. L'accès aux réseaux routier et électrique s'avère satisfaisant le long de ce tracé.
- **Option M4 – minéraloduc direct à Darou Khoudoss :** Ce circuit, qui transite par Louga et Kébémér, présente un accès satisfaisant aux réseaux routier et électrique, et il permet d'éviter le transfert de minerai dans des wagons à mi-chemin. Nous estimons la distance que le minéraloduc devra couvrir à 403 km. Une unité de déshydratation et de séchage du minerai sera installée à l'arrivée.
- **Option M5 – minéraloduc direct à Bargny :** Ce circuit suit le tracé de l'option M4, mais il continue jusqu'au futur port minéralier de Bargny à 72 km au sud de Darou Khoudoss, d'où une distance totale de 475 km. Une unité de déshydratation et de séchage du minerai sera installée à l'arrivée.

Note : les distances sont approximatives et devront être confirmées par une étude technique détaillée.

5.6.5 Critères de conception

La conception d'un minéraloduc doit se faire à partir de règles techniques précises qui permettent d'effectuer les calculs pour les plans d'équipement, de construction et d'exploitation. Pour ce projet de Matam, nous avons élaboré notre analyse à partir des critères suivants (tableau 5-11).

	Option basse	Option moyenne	Option haute
Volume annuel de minerai	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Taux de disponibilité opérationnelle	95%	95%	95%
Temps annuel d'exploitation	8 322 heures	8 322 heures	8 322 heures
Capacité horaire du minéraloduc	120 tonnes/heure	180 tonnes/heure	240 tonnes/heure
Flux de la pulpe	205 m ³ /heure	308 m ³ /heure	410 m ³ /heure
Densité de la pulpe (% du poids)	65%	65%	65%
Dimension moyenne des particules	40 microns	40 microns	40 microns
Coût de l'énergie	0,12 \$/kW	0,12 \$/kW	0,12 \$/kW

Tableau 5-11: Critères de conception du minéraloduc de Matam

L'intérieur du Sénégal, qui était recouvert par la mer à l'époque primaire, est maintenant une terre sèche et plate. Dans nos calculs, nous avons ignoré la dénivellation, peu prononcée, des régions centrale et occidentale, mais la typologie des collines et des cours d'eau à parcourir devra être prise en compte lors de la conception et de la construction du minéraloduc.

5.6.6 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement ont été calculés en utilisant des normes reconnues qui ont été ajustées pour prendre en compte les conditions de réalisation au Sénégal. Les estimations budgétaires pour les pompes et les canalisations viennent de notre expérience avec des projets similaires aux Etats-Unis, en Amérique du Sud, et ailleurs. Les besoins de pompage et les coûts d'équipements sont calculés à partir de formules connues pour les minéraloducs et de devis de fournisseurs américains.

L'estimation des coûts d'investissement a été développée à partir de facteurs comme la capacité et la distance du minéraloduc (tableau 5-12). Le coût de l'unité de pompage est calculé à partir de la formule suivante : $8,13 \text{ M\$} \times (\text{kW}/1200)^{0,6}$.

Composante	Volume annuel de minerai		
	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Canalisations	150 000 \$/km	160 300 \$/km	168 500 \$/km
Unité de broyage	2,5 M\$	3,2 M\$	3,8 M\$
Unité d'épaississement	5,0 M\$	6,4 M\$	7,6 M\$
Unité de filtration	7,0 M\$	8,9 M\$	10,6 M\$
Dépôt de vrac	2,5 M\$	3,2 M\$	3,8 M\$

Tableau 5-12 : Composantes des coûts d'investissement

5.6.7 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont estimés à partir des critères suivants :

- **Electricité** : L'électricité est la principale composante des coûts d'exploitation. La consommation électrique a été calculée à partir de la consommation typique des équipements d'un minéraloduc, y compris les unités de pompage, de broyage et de filtration. Sur avis des ICS, nous avons utilisé un coût pondéré d'électricité de 0,12 \$/kWh.
- **Personnel d'exploitation et de maintenance** : Nous estimons les besoins de personnel à 165 personnes (comparée à 350-400 personnes pour la mine de surface et les usines de traitement de Matam). Estimation des frais de personnel direct : 500.000 \$/an.
- **Services de maintenance et d'exploitation** : De temps à autre, des services spécialisés de maintenance et d'exploitation seront nécessaires, comme la maintenance et la réparation d'équipements, le nettoyage des canalisations, et la formation des opérateurs. Nous supposons que les services de sécurité sont externalisés. Estimation des coûts des services annexes : 250.000 \$/an.
- **Pièces de rechange et de maintenance** : Ce poste, qui comprend les pièces de rechange et les fournitures d'exploitation comme le fuel, est généralement calculé comme un pourcentage des coûts directs d'exploitation, bien que nous ayons utilisé un coût fixe par simplicité. Estimation des coûts des pièces de rechange et de maintenance: 1,5 M\$/an.
- **Coûts indirects** : Ce poste peut comprendre les redevances, les taxes, les frais d'assurance, le coût du financement, etc. Estimation des coûts indirects : 25% en sus des coûts mentionnés ci-dessus.

5.6.8 Synthèse des coûts d'investissement et d'exploitation

Les coûts pour les différentes options sont présentés dans les tableaux suivants. Le coût de réhabilitation et exploitation du rail (pour les solutions hybrides minéraloduc/rail) doit ensuite être pris en compte.

- **M1 – minéraloduc par rail par Kidira** : Le circuit oriental par Kidira représente la distance la plus courte pour le minéraloduc, d'où les coûts d'investissement et d'exploitation les plus bas (hors des coûts de transport ferroviaire) (tableau 5-13).

	Option basse	Option moyenne	Option haute
Volume annuel de minerai	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Distance	120 km	120 km	120 km
Consommation énergétique	19,0 kWh/tonne	16,2 kWh/tonne	14,3 kWh/tonne
Coûts d'investissement	48,1 M\$	55,5 M\$	61,0 M\$
Coûts d'exploitation par tonne	5,65 \$/tonne	4,31 \$/tonne	3,55 \$/tonne
Coûts d'exploitation annuels	5,7 M\$	6,5 M\$	7,1 M\$

Tableau 5-13 : Coûts d'investissement et d'exploitation du minéraloduc pour l'option M1 (hors des coûts de transport ferroviaire)

- **M2 – minéraloduc au rail par Tambacounda** : Le circuit occidental par Tambacounda est celui qui est le plus fréquemment mentionné dans les études précédentes (tableau 5-14).

	Option basse	Option moyenne	Option haute
Volume annuel de minerai	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Distance	185 km	185 km	185 km
Consommation énergétique	25,2 kWh/tonne	21,2 kWh/tonne	18,4 kWh/tonne
Coûts d'investissement	75,6 M\$	83,4 M\$	89,5 M\$
Coûts d'exploitation par tonne	7,53 \$/tonne	5,68 \$/tonne	4,63 \$/tonne
Coûts d'exploitation annuels	7,5 M\$	8,5 M\$	9,3 M\$

Tableau 5-14 : Coûts d'investissement et d'exploitation du minéraloduc pour l'option M2 (hors des coûts de transport ferroviaire)

- **M3 – minéraloduc au rail par Louga** : Le circuit septentrional suit la nouvelle route en construction de Linguère à Matam (tableau 5-15).

	Option basse	Option moyenne	Option haute
Volume annuel de minerai	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Distance	323 km	323 km	323 km
Consommation énergétique	36,4 kWh/tonne	31,7 kWh/tonne	27,0 kWh/tonne
Coûts d'investissement	86,2 M\$	99,9 M\$	107,6 M\$
Coûts d'exploitation par tonne	9,51 \$/tonne	7,26 \$/tonne	5,92 \$/tonne
Coûts d'exploitation annuels	9,5 M\$	10,9 M\$	11,8 M\$

Tableau 5-15 : Coûts d'investissement et d'exploitation du minéraloduc pour l'option M3 (hors des coûts de transport ferroviaire)

- **M4 – minéraloduc direct à Darou Khoudoss par Kébémér** : Ce circuit permet de livrer le minerai directement à Darou Khoudoss sans transfert ferroviaire (tableau 5-16). La région autour de Dakar à l'inconvénient d'être plus congestionnée, ce qui pourrait rendre le tracé du minéraloduc plus difficile.

	Option basse	Option moyenne	Option haute
Volume	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Distance	403 km	403 km	403 km
Consommation énergétique	46,0 kWh/tonne	37,8 kWh/tonne	31,9 kWh/tonne
Coûts d'investissement	100,6 M\$	111,7 M\$	122,1 M\$
Coûts d'exploitation par tonne	10,66 \$/tonne	8,16 \$/tonne	6,66 \$/tonne
Coûts d'exploitation annuels	10,7 M\$	12,2 M\$	13,3 M\$

Tableau 5-16 : Coûts d'investissement et d'exploitation du minéraloduc pour l'option M4

- **Option M5 – minéraloduc direct au port de Bargny par Kébémér:** Ce circuit permet de livrer le minerai directement au futur port de Bargny sans transfert ferroviaire (tableau 5-17). Ce port est proposé pour le trafic en vrac, ce qui permettra de soulager le Port autonome de Dakar qui se spécialiserait dans le trafic de containers. Cette option requiert le plus grand investissement dans un minéraloduc, mais elle devrait être la plus facile à coordonner et gérer car elle n'implique pas de transfert multimodal minéraloduc/rail.

	Option basse	Option moyenne	Option haute
Volume	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Distance	475 km	475 km	475 km
Consommation énergétique	52,9 kWh/tonne	43,3 kWh/tonne	36,4 kWh/tonne
Coûts d'investissement	113,6 M\$	125,3 M\$	134,2 M\$
Coûts d'exploitation par tonne	11,69 \$/tonne	9,00 \$/tonne	7,34 \$/tonne
Coûts d'exploitation annuels	11,7 M\$	13,5 M\$	14,7 M\$

Tableau 5-17 : Coûts d'investissement et d'exploitation du minéraloduc pour l'option M5

5.6.9 Analyse des résultats pour tous les modes de transport

Les résultats du modèle sont présentés dans le tableau suivant pour les options de transport présentées dans ce rapport (tableau 5-18). Les investissements et les coûts d'exploitation par tonne sont présentés après actualisation sur la base de l'année 2008 en utilisant un taux d'escompte de 9%.

	Coût d'investis- sement ¹¹	Coût d'exploitation ¹²	Coût total
	<i>Coûts par tonne actualisés sur 2008</i>		
Options ferroviaires			
F1 – Nouvelle voie ferrée Matam/Kidira, et réhabilitation de la voie ferrée Kidira/Dakar	4,66 \$	6,73 \$	11,39 \$
F2 – Nouvelle voie ferrée Matam/Tambacounda, et réhabilitation de la voie ferrée Tambacounda/Dakar	4,66 \$	5,74 \$	10,40 \$
F3 – Nouvelle voie ferrée Matam/Louga, et réhabilitation de la voie ferrée Louga/Dakar	8,15 \$	5,41 \$	13,56 \$
F4 – Nouvelle voie ferrée Matam/Kébémér, et réhabilitation de la voie ferrée Kébémér/Dakar	8,06 \$	5,28 \$	13,34 \$
Options routières			
R1 – Route existante Matam/Kidira, et réhabilitation de la voie ferrée Kidira/Dakar	3,89 \$	14,14 \$	18,03 \$
R2 – Nouvelle route Matam/Tambacounda, et réhabilitation de la voie ferrée Tambacounda/Dakar	6,90 \$	18,32 \$	25,22 \$
R3 – Route existante Matam/Louga, et réhabilitation de la voie ferrée Louga/Dakar	3,62 \$	12,86 \$	16,48 \$
R4 – Liaison routière directe Matam/Bargny	4,04 \$	34,62 \$	38,66 \$
Options fluviales			
B1 – Barge fluviale Matam/St. Louis, et barge océanique St. Louis/Dakar	7,33 \$	7,93 \$	15,26 \$
B2 – Barge fluviale Matam/St. Louis, et réhabilitation de la voie ferrée St. Louis/Dakar	7,84 \$	8,09 \$	15,93 \$

¹¹ Coût d'investissement divisé par un volume total de 40 Mt¹² Coût d'exploitation calculé à partir du scénario moyen de 1,5 Mt par an

	Coût d'investis- sement ¹¹	Coût d'exploitation ¹²	Coût total
	<i>Coûts par tonne actualisés sur 2008</i>		
Options par minéraloduc			
M1 – Nouveau minéraloduc Matam/Kidira, et réhabilitation de la voie ferrée Kidira/Dakar	4,04 \$	9,98 \$	14,02 \$
M2 – Nouveau minéraloduc Matam/Tambacounda, et réhabilitation de la voie ferrée Tambacounda/Dakar	3,42 \$	10,91 \$	14,33 \$
M3 – Nouveau minéraloduc Matam/Louga, et réhabilitation de la voie ferrée Louga/Dakar	4,82 \$	11,14 \$	15,96 \$
M4 – Liaison par minéraloduc direct Matam/Darou Khoudoss	2,79 \$	8,16 \$	10,95 \$
M5 – Liaison par minéraloduc direct Matam/Bargny	3,13 \$	9,00 \$	12,13 \$

Tableau 5-18 : Synthèse des coûts par tonne livrée pour toutes les options

D'un point de vue économique, on peut effectuer les constats suivants :

- **Transport ferroviaire** : L'option F2 par Tambacounda semble la plus économique à 10,40 \$/tonne, car les coûts de réhabilitation de la voie ferrée de Tambacounda à Diam-Niadio pourront en principe être partagé avec le concessionnaire de la mine de fer de la Falémé (Mittal).
- **Transport routier** : L'option R3 par Louga semble la plus économique à 16,48 \$/tonne, mais les coûts d'exploitation des camions grève le budget malgré un investissement relativement modeste pour la mise à niveau de la route Matam/Louga.
- **Transport fluvial** : L'option B1 par St. Louis semble la plus économique à 15,26 \$/tonne, mais les investissements initiaux pour la plateforme de transfert des barges fluviales aux barges océaniques par la Langue de Barbarie représente un coût élevé qui ne peut se justifier avec un volume modeste de 1,5 Mt de phosphate par an.
- **Transport par minéraloduc** : L'option M4 avec un minéraloduc reliant Matam à Darou Khoudoss semble la plus économique à 10,95 \$/tonne, mais le coût grimpe à 12,13 \$/tonne pour rejoindre le port de Bargny. Le coût élevé de l'électricité au Sénégal augmente de façon sensible le coût d'exploitation par tonne.

Il ressort donc de notre analyse que la solution de transport F2 est la plus économique de toutes les solutions envisagées pour desservir Darou et Bargny. Pour rappel, la solution ferroviaire F2 comprend la construction d'une nouvelle voie ferrée entre Matam et Tambacounda, et la réhabilitation de la voie ferrée entre Tambacounda et Diam-Niadio pour pouvoir accepter le poids par essieu qui est nécessaire pour le transport de minerai.

5.6.10 Tableau de classification

Les modèles économiques ne suffisent pas à donner tous les éléments nécessaires pour pouvoir prendre une décision. Certains facteurs peuvent être exclus du modèle de façon délibérée, d'autres facteurs peuvent être difficiles à calculer et à intégrer dans le modèle. Ces autres facteurs, qui sont souvent appelés des externalités, apportent des effets secondaires qui peuvent influencer le choix d'un mode de transport selon les priorités économiques, sociales et politiques du pays.

Le tableau récapitulatif ci-dessous tente de capturer les impacts externes des différentes solutions de transport, selon les paramètres suivants :

- **Coût par tonne** (valeur « 1 » pour le moindre coût)
- **Degré de contrôle** (valeur « 1 » pour le contrôle le plus fort) : Contrôle exercé par la société d'exploitation de Matam pour que le système de transport puisse accomplir ses objectifs sur une période de 30 ans sans trop dépendre de facteurs externes échappant à son contrôle. Par exemple, le transport par minéraloduc de Matam à Bargny offre le contrôle le plus fort au concessionnaire de Matam car il peut gérer la chaîne de transport de bout en bout. A l'opposé, le transport routier implique des risques assez importants de congestion et d'accident, surtout sur des routes défoncées et peu entretenues.
- **Externalités positives** (valeur « 1 » pour les plus grandes externalités positives) : Les impacts positifs du projet, comme l'emploi, le développement des infrastructures et les retombées économiques. Le transport routier offre le plus grand nombre d'emploi, alors que le transport ferroviaire offre des retombées économiques les plus intéressantes en permettant de désenclaver la région de Matam. Le minéraloduc offre le moins de retombées positives, car le système fonctionne en vas clos.
- **Externalités négatives** (valeur « 1 » pour les plus petites externalités positives) : Le transport ferroviaire offre le moins d'impacts négatifs, suivi du minéraloduc qui requiert le traitement de l'eau usée à l'arrivée. L'aménagement du fleuve Sénégal pourrait endommager les zones limitrophes à moins que les berges soient rehaussées. Le transport routier présente des risques d'accident et de congestion sur les routes and dans les communes.

Option	Coût	Degré de contrôle par la société d'exploitation de Matam	Externalités positives	Externalités négatives
Transport ferroviaire	1	4	1 (création d'emploi et désenclavement)	1
Transport routier	5	5	2 (création d'emploi)	5 (pollution, congestion et accidents)
Transport fluvial	4	4	3	3 (aménagement du fleuve Sénégal)
Transport par minéraloduc jusqu'à la voie ferrée	3	2	5	4 (poussière fine au terminal de transfert)
Transport par minéraloduc direct sur Bargny	2	1	4 (apport modeste d'eau potable)	2

Tableau 5-19 : Classification des différentes solutions de transport

(1 = meilleur résultat ; 5 = pire résultat)

6. TACHE 4 : ANALYSE DU CADRE REGLEMENTAIRE

Le cadre réglementaire est présenté pour les quatre modes de transport qui sont envisagés dans le cadre de notre étude. Le chapitre est divisé en cinq parties :

- Cadre réglementaire pour le transport ferroviaire ;
- Cadre réglementaire pour le transport routier ;
- Cadre réglementaire pour le transport fluvial ;
- Cadre réglementaire pour le transport par minéraloduc ;
- Cadre réglementaires pour les expropriations.

6.1 CADRE REGLEMENTAIRE POUR LE TRANSPORT FERROVIAIRE

Le projet d'exploitation des phosphates de Matam envisage les options ferroviaires suivantes pour rejoindre le réseau national :

- Options rejoignant la ligne Bamako/Tambacounda/Dakar :
 - **Option F1** : Option orientale par Kidira ;
 - **Option F2** : Option occidentale par Tambacounda ;
- Options rejoignant la ligne St. Louis/Thiès/Dakar :
 - **Option F3** : Option septentrionale par Louga ;
 - **Option F4** : Option septentrionale par Kébémér.

Pour l'étude du cadre réglementaire des options ferroviaires, il doit donc prendre en compte les possibilités suivantes :

- Construction d'une nouvelle ligne pour raccorder Matam au réseau national par Kidira, Tambacounda, Louga ou Kébémér (options F1, F2, F3 et F4) ;
- Utilisation d'une voie ferrée sous concession de Kidira/Tambacounda à Dakar (options F1 et F2) ;
- Utilisation d'une voie ferrée non-utilisée et hors-concession de Louga/Kébémér à Dakar (options F3 et F4).

6.1.1 Construction d'une nouvelle ligne

Pour toutes les options à 100% ferroviaires, une nouvelle ligne de chemin de fer devra être construite pour relier Matam au réseau ferroviaire national. Comme la concession de Transrail se limite aux lignes Dakar/Thiès et Dakar/Bamako, l'Autorité concédante devra alors négocier avec les opérateurs éventuels en vue d'attribuer une licence d'exploitation pour la nouvelle ligne.

Deux scénarios sont envisageables :

- **Transrail** : la concession de Transrail pourrait être prolongée pour intégrer la nouvelle ligne. Conformément à l'article 2-1 de la convention de concession de Transrail, les éventuelles modifications de la configuration actuelle du réseau ferroviaire concédé par l'Etat pour intégrer une nouvelle ligne s'effectueraient par avenant à la convention de concession de Transrail.
- **La société d'exploitation de Matam** : l'Etat pourrait décider d'attribuer une licence d'exploitation à la société qui sera responsable du développement de la mine de Matam. Cette licence d'exploitation serait vraisemblablement similaire à la concession attribuée à Transrail pour le transport des marchandises sur le réseau principal. Dans ce cas, le concessionnaire pourra exploiter ses propres trains sur le tronçon de Matam, et négocier un droit de passage avec Transrail sur le tronçon Kidira/Dakar ou Tambacounda/Dakar.

Pour tout candidat à une licence d'exploitation du tronçon ferroviaire de Matam, la question se posera au niveau commercial : cette concession peut-elle être exploitée profitablement, et sous quelles conditions ?

6.1.2 Utilisation d'une voie ferrée sous concession

La société d'exploitation de Matam aurait éventuellement plusieurs possibilités pour faire transiter ses trains de minerai de Tambacounda à Dakar : la ligne existante concédée à Transrail, ou une nouvelle ligne parallèle qui pourrait être construite par la société Mittal.

Pour rappel, l'Etat sénégalais a attribué en 2007 la concession pour la mine de fer de la Falémé à la société Mittal. Comme nous l'avons précédemment indiqué dans notre rapport, Mittal doit engager des études technico-financières pour définir la solution ferroviaire qu'il compte engager pour transporter le minerai de fer des mines au sud-est du pays au nouveau port de Bargny sur la côte. Ces études sont nécessaires car la ligne actuelle Dakar/Tambacounda/Bamako a été conçue pour le transport des passagers et du fret, et elle doit être considérablement renforcée pour le transport de minerai. Pour Mittal, deux solutions principales sont envisagées :

- Réhabilitation de la ligne Dakar/Tambacounda (qui est sous concession avec la société Transrail) ; ou,
- Construction d'une nouvelle ligne parallèle à la ligne existante qui serait gérée par Mittal ou par un autre.

Sans connaître les résultats de cette étude qui n'est pas encore terminée, nous ne pouvons qu'émettre les hypothèses suivantes pour le transport par rail des phosphates de Matam :

- **Hypothèse 1** : La société d'exploitation de Matam négocie une Convention d'Utilisation avec le concessionnaire national (Transrail), moyennant paiement d'une redevance pour l'utilisation du réseau par les locomotives et wagons de l'exploitant de Matam ;

- **Hypothèse 2 :** La société d'exploitation de Matam négocie une Convention d'Utilisation avec le concessionnaire de la deuxième voie ferrée (Mittal), si elle venait à être construite par Mittal ;
- **Hypothèse 3 :** La société d'exploitation de Matam engage le concessionnaire ferroviaire national (Transrail) pour transporter le minerai de phosphate. La Direction de Transrail s'est dite ouverte à une telle éventualité ;

Hypothèse 1 : la société d'exploitation de Matam négocie une Convention d'Utilisation avec le concessionnaire ferroviaire national (Transrail)

L'Autorité concédante peut attribuer une Licence d'Exploitation de Transport Ferroviaire sur le réseau national à la société d'exploitation de Matam. Cette licence est délivrée lorsque l'opérateur de transport ferroviaire (la société d'exploitation de Matam) cherche à exploiter un service de transport ferroviaire de produits miniers au départ d'une exploitation minière située au Sénégal, ou un service de transport de demi-produits issus du traitement ou de la transformation de produits miniers extraits au Sénégal au départ d'une unité de traitement située au Sénégal.

Conformément aux articles 6-4 et 6-6 de la Convention de Concession de Transrail, le concessionnaire (Transrail) devra négocier une Convention d'Utilisation des Infrastructures avec la société d'exploitation de Matam et fournir un service non-discriminatoire par rapport à ses propres services.

Le montant de la rémunération sera négocié d'un commun accord entre Transrail et la société d'exploitation de Matam.

Dans tous les cas, le montant de la rémunération à percevoir par le Concessionnaire (Transrail) au titre de la convention ne sera inférieur au coût complet supporté par le Concessionnaire et imputable au service en cause, augmenté de dix pour cent au titre de marge bénéfice.

Conformément à l'Article 7-4, l'agrément technique du Concessionnaire (Transrail) pour les Matériels Ferroviaires utilisés par un Opérateur de Transport Ferroviaire pourra être refusé en cas de non-conformité des matériels aux normes de gabarit et de poids. Cet article permet donc à Transrail de refuser l'utilisation du réseau concédé à la société

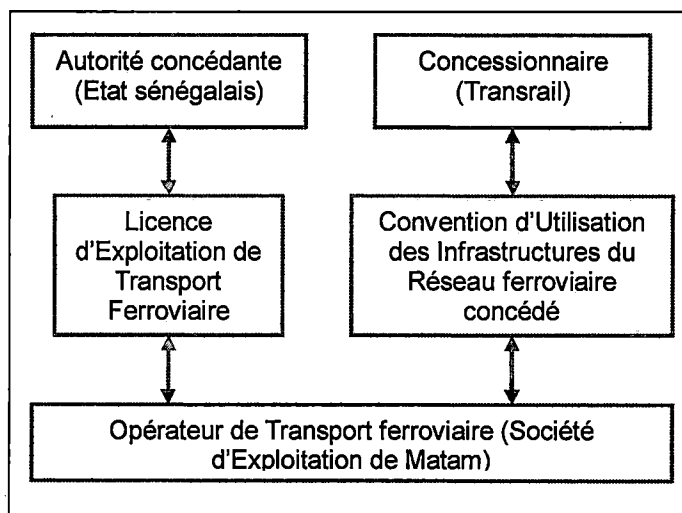


Tableau 6-1 : Schéma réglementaire pour exploiter un service de transport ferroviaire de produits miniers

d'exploitation de Matam sans accord préalable sur la réhabilitation de la ligne Tambacounda/Dakar.

Hypothèse 2 : la société d'exploitation de Matam négocie une Convention d'Utilisation avec le concessionnaire de la deuxième voie ferrée (Mittal)

Mittal et l'Etat sénégalais ont signé un Protocole d'accord le 24 janvier 2006 par lequel l'Etat a confié à Mittal, entre autres :

- Le développement et la construction d'une nouvelle voie ferrée entre le port minéralier situé à Bargny-Sendou et Diam-Niadio ;
- Le développement et la construction d'une nouvelle voie ferrée entre la zone de concession minière de la Falémé et Tambacounda ; et
- La réhabilitation de la voie ferrée existante ou, le cas échéant, le développement et la construction d'une nouvelle voie ferrée entre Diam-Niadio et Tambacounda, afin d'assurer le transport de la production de minerai de fer de la zone de concession minière de la Falémé jusqu'au port de Bargny.

L'Etat du Sénégal et Mittal Steel Holdings AG ont également signé le 3 juillet 2007 une Convention Ferroviaire pour la liaison ferroviaire de la Falémé au port minéralier de Bargny-Sendou. Cette convention définit les conditions générales, juridiques, financières, fiscales, économiques, administratives et sociales particulières dans lesquelles Mittal concevra, développera, financera, construira, exploitera, maintiendra et transférera les installations ferroviaires.

Mittal créera une société de droit sénégalais qui tiendra lieu de Société d'Infrastructures et exécutera les opérations envisagées dans la Convention. L'objet social de la Société d'Infrastructures sera la conception, le développement, le financement, la construction, l'exploitation et la maintenance des Installations Portuaires ainsi que la construction et/ou la réhabilitation, selon le cas, et l'exploitation des Installations Ferroviaires.

En cas de réhabilitation de la voie ferrée entre Tambacounda et Diam-Niadio, Mittal s'engage, sous réserve des termes de la convention de concession, à concevoir, développer, financer, construire, exploiter et assurer la maintenance d'une nouvelle voie ferrée à écartement standard entre Tambacounda et la mine de la Falémé.

En cas de construction d'une nouvelle voie ferrée entre Tambacounda et Diam-Niadio, Mittal s'engage à :

- Concevoir, développer, financer, construire, exploiter et assurer la maintenance d'une nouvelle voie ferrée à écartement métrique entre Tambacounda et les mines de la Falémé ;
- Améliorer, utiliser, exploiter et entretenir, sur la base d'arrangements appropriés avec Transrail et tous les actionnaires concernés, la voie ferrée existante à écartement métrique entre Diam-Niadio et Tambacounda.

Mittal s'engage d'autre part à concevoir, développer, financer, construire, exploiter et assurer la maintenance d'une nouvelle voie ferrée entre le Port de Bargny Sendou et Diam-Niadio. Les phosphates de Matam, qu'ils soient acheminés par du matériel roulant appartenant à Transrail ou par à la société d'exploitation de Matam, devront emprunter cette voie pour atteindre le port minéralier.

Conformément aux dispositions de l'article 7 de la convention ferroviaire de Mittal, la société d'infrastructures (constituée par Mittal) aura le droit de fournir des services ferroviaires aux tiers et de facturer lesdits services. La société d'infrastructures pourra également :

- Déterminer librement l'organisation technique, opérationnelle et commerciale des services ferroviaires ;
- Fixer le prix des services ferroviaires aux tiers, soit au moyen de prix publics, soit au moyen de contrats spécifiques conclu avec ses clients. Les tarifs appliqués seront publics et non discriminatoires.

Hypothèse 3 : la société d'exploitation de Matam engage Transrail pour transporter le minerai de phosphate au port de Bargny

Une négociation libre entre Transrail et la société d'exploitation de Matam déterminera les conditions commerciales et techniques pour ce service de transport, sous couvert de la Convention de concession entre Transrail et l'Etat du Sénégal, y compris les articles suivants :

- **Article 6-2 (1) :** Lorsque les tarifs de transport appliqués par Transrail pour un trafic donné présentant un caractère essentiel pour l'activité d'un client constituent un abus manifeste de position dominante ;
- **Article 6-2 (2) :** Lorsque Transrail appliquera durablement à un trafic donné des conditions d'acheminement discriminatoires par rapport aux conditions appliquées aux autres clients de même importance.

6.1.3 Utilisation d'une voie ferrée hors concession

Ce cas de figure s'applique à la voie ferrée entre Darou et St. Louis qui n'est plus utilisée et qui exigerait une réhabilitation importante pour l'acheminement du phosphate de Matam par Louga ou Kébémér (options septentrionales F3 et F4). Dans ce cas, l'Autorité Concédante devra attribuer une licence d'exploitation à un opérateur (Transrail, la société d'exploitation de Matam ou un autre) qui a son tour pourra négocier une convention d'utilisation ou un accord de transport avec la société d'exploitation de Matam.

Le cadre réglementaire cité pour les autres cas de figure sera également applicable à la ligne hors concession.

6.1.4 Recommandations pour le transport ferroviaire

1^{er} cas : Demande de concession ferroviaire auprès de l'Etat sénégalais

Le cadre réglementaire pour les concessions ferroviaires est bien rodé, puisqu'il a été mis en place avec l'assistance technique de la Banque mondiale pour la privatisation de la société nationale de chemin de fer. La concession de Transrail, l'opérateur ferroviaire existant sur la ligne Dakar/Bamako, pourrait aisément servir de modèle pour toute demande de concession ferroviaire de la part de la société d'exploitation de Matam pour le tronçon ferroviaire Matam/Kidira ou Matam/Tambacounda. Nous ne constatons pas d'éléments manquants de ce modèle de concession.

2^e cas : Demande de licence d'exploitation de transport ferroviaire auprès de l'Etat sénégalais

La licence d'exploitation, qui suit l'obtention de la concession ferroviaire, permettra à la société d'exploitation de Matam de faire circuler des trains de phosphates sur son propre réseau ainsi que sur celui d'un autre opérateur ferroviaire (soit Transrail, soit Mittal, soit les deux).

3^e cas : Demande de convention d'utilisation des infrastructures du réseau ferroviaire concédé

La concession ferroviaire de Transrail précise bien les conditions sous lesquels un tiers (comme la société d'exploitation de Matam) pourra faire circuler ses trains sur le réseau ferroviaire concédé. En particulier, le système de tarification devra refléter les coûts réels d'un tel service tout en apportant une marge de profit raisonnable à Transrail. D'un point de vue comptable, le calcul du « coût réel » peut se prêter à de multiples interprétations, ce qui risquerait de créer des distorsions dans la tarification du droit de passage.

Il semble difficile à ce stade d'améliorer le texte réglementaire sur la question du droit de passage et de sa tarification. Historiquement, les chemins de fer (comme tout opérateur d'une infrastructure de base) ont souvent abusé de leur situation de monopole pour facturer à prix fort le service de transport, surtout quand une solution alternative n'était pas facilement disponible à l'expéditeur.

Dans le cas de la mine de Matam, deux solutions alternatives seraient possibles : (i) le transport par minéraloduc jusqu'à Bargny ou Darou Koudhoss ; ou (ii) le transport sur la voie ferrée qui est proposée par Mittal.

Nous avons d'autre part noté que la concession ferroviaire de Mittal ne l'engage nullement à offrir un droit de passage sur son réseau ferroviaire à un tiers, ce service restant purement une option commerciale soumise à l'appréciation de Mittal.

6.2 CADRE REGLEMENTAIRE POUR LE TRANSPORT ROUTIER

Le transport routier des phosphates de Matam est envisagé dans le cadre de plusieurs hypothèses :

- Transport sur les routes existantes tels les axes Matam/Kidira et Matam/Linguère/Louga ;
- Transport sur de nouvelles routes, tel l'axe Matam/Tambacounda.

Le cadre réglementaire est régi par le Code de la route de 2002, qui définit les conditions sous lesquels des poids lourds peuvent circuler sur les routes sénégalaises.

6.2.1 Code de la route

La loi n° 2002-30 du 24 décembre 2002 abroge and remplace la loi n° 62-31 du 06 mars 1962 portant Code la Route (première partie législative). Selon le décret d'application, les contraintes touchant au fonctionnement des poids-lourds susceptible de transporter les phosphates sont les suivantes :

Dimensions maximales :

- La longueur d'un véhicule isolé ne doit pas dépasser :
 - 11 mètres pour un véhicule à deux essieux ;
 - 12 mètres pour un véhicule à trois essieux ;
- La longueur maximale pour un véhicule articulé sur les routes sénégalaise est de 22 mètres (pour un véhicule tracteur et deux remorques) ;
- La largeur totale ne doit pas dépasser 2,55 mètres ;

Limitation de poids :

- Jusqu'à 11.5 tonnes par essieu ;
- 46 tonnes pour un véhicule articulé avec 5 essieux (double tandem) ;
- 51 tonnes pour un véhicule articulé à 6 essieux dont 3 essieux jumelés (tridem).

6.2.2 Recommandations sur le transport routier

La mise à niveau du Code de la route, qui datait de l'indépendance du pays, a permis de réactualiser la réglementation en vigueur et de la mettre en conformité avec les normes régionales pour la Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). L'étude technique et financière des solutions de transport de phosphates par camion a donc été élaborée en tenant compte des limitations mentionnées ci-dessus.

Dans certains grands pays miniers comme l'Australie ou le Canada, des « road-train » (trains-camions) sont utilisés pour transporter de grandes quantités de minerai par

camion. Un « road-train » est généralement composé d'un véhicule tracteur et de trois remorques, solution qui est souvent utilisée pour des opérations minières en zone peu peuplée où la disponibilité de l'eau pour minéraloduc est assez limitée.

En concertation avec les représentants des ministères concernés, les consultants ont étudié la pertinence d'une telle solution au Sénégal, mais elle s'avère difficilement concevable. Le gabarit de tels convois dépasse les normes en vigueur et s'avère excessif vu l'état des routes sénégalaises. Bien que des procédures de dérogation soient en place pour permettre la circulation de tels convois sur des parcours limités (par exemple, Matam/Tambacounda), nous pensons que le cadre réglementaire actuel pour le transport routier est satisfaisant.

6.3 CADRE REGLEMENTAIRE DU TRANSPORT FLUVIAL

Le transport fluvial des phosphates de Matam par pousseur et péniches est envisagé sur l'axe Matam/St. Louis. Plusieurs textes régissent la navigation fluviale sur le fleuve Sénégal, y compris :

Convention relative au statut du fleuve Sénégal du 11 mars 1972

La convention du 11 mars 1972 prescrit les aspects suivants :

- **Article 1** : Le fleuve Sénégal, y compris ses affluents, est déclaré international sur le territoire des Etats du Mali, de la Mauritanie et du Sénégal (il est applicable à la Guinée après son adhésion à l'OMVS en 2006);
- **Article 2** : Les Etats affirment leur volonté de garantir la liberté de navigation et l'égalité de traitement des utilisateurs ;
- **Article 4** : Il est institué une autorisation préalable pour tout projet susceptible entre autres de modifier les conditions de navigabilité du fleuve en faisant apparaître les incidences sur le régime du fleuve, ses conditions de navigabilité, l'état sanitaire des eaux et ses caractéristiques biologiques de la faune et de la flore, ainsi que les besoins en eau appelée et le plan d'eau ;

Convention portant création de l'OMVS du 11 mars 1972, amendée

La convention du 11 mars 1972, amendée prescrit les aspects suivants :

- **Article 13** : Le Haut Commissaire est responsable, entre autres, de l'exécution des études et des travaux relatifs à l'infrastructure régionale comprenant les ouvrages de la navigation ;
- **Article 15** : Le Haut Commissaire peut être chargé de la recherche de financement pour les travaux relatifs à l'aménagement du fleuve Sénégal et a un pouvoir de représentation de l'Organisation dans ses relations avec les institutions d'aide internationale ou de coopération bilatérale pour tout ce qui concerne l'aménagement du fleuve Sénégal ;

- **Article 20** : La Commission Permanente des Eaux (CPE) est chargée de définir les principes et les modalités de la répartition des eaux du fleuve Sénégal entre les Etats et entre les secteurs d'utilisation de l'eau : industrie, agriculture, transport.

Convention relative au statut juridique des ouvrages communs du 21 décembre 1978

La convention du 21 décembre 1978 prescrit les aspects suivants :

- **Article 3** : Il déclare que les barrages de Manantali et de Diama, le port fluvio-maritime de Saint Louis, le port fluvial de Kayes ramené à Ambidédi, les escales portuaires et les ouvrages d'aménagement du chenal navigable, les ouvrages annexes et accessoires, propriété commune et indivisible des Etats membres de l'OMVS pendant toute la durée de leur vie.

Charte des eaux du fleuve Sénégal du 28 mai 2002

La charte des eaux a été adoptée le 28 mai 2002 par la Conférence des Chefs d'Etats et de Gouvernement de l'OMVS et ratifiée par les parlements des Etats membres. La charte se veut un cadre juridique de référence avec le but d'harmoniser, dans un climat de dialogue et de respect mutuel, l'usage des ressources en eau.

- **Article 5** : Il précise que la répartition des eaux entre les usages est fixée en prenant en considération la disponibilité de la ressource en intégrant les éléments relatifs à la coopération sous-régionale et ceux concernant la gestion intégrée de la ressource parmi lesquels la navigabilité permanente du fleuve ;
- **Article 7** : Il précise entre autre la liberté de navigation ;
- **Article 8** : Il précise également que l'usage de la ressource en eau vise à satisfaire de manière juste les besoins des multiples usagers parmi lesquels les besoins de la navigation

Code international de la navigation et des transports sur le fleuve Sénégal du 13 mars 2006

- **Livre 1, intitulé « De la navigation sur le Fleuve »** : Il détermine les principes, règles et conditions qui rendent possible l'utilisation rationnelle de la ressource fluviale. Les principes de base sont ceux de la liberté de navigation et de l'égalité complète de traitement pour les navires, bateaux et embarcations assimilées, appartenant à la navigation sur le Fleuve Sénégal.
- **Livre 2, intitulé « Des transports sur le Fleuve »** : Le Titre III a trait au « Transport de marchandises » dans ses aspects contractuels formels (modalités des contrats et documents, mise en application des dispositions, obligations souscrites et responsabilité) que matériels (transports successifs) ou processuels (actions, compétence et prescription).

6.3.1 Recommandations pour le transport fluvial

Le cadre réglementaire pour le fleuve Sénégal semble être bien étoffé au vu du nombre de conventions, chartes et codes qui ont été élaborés au fil des années. Le principe de liberté de navigation et de traitement égal entre les différents transporteurs est encourageant pour la société d'exploitation de Matam si elle se décidait en faveur d'une option fluviale.

Le principal obstacle pour les options fluviales reste d'ordre financier et technique, et non réglementaire, car l'aménagement du chenal de navigation jusqu'à Matam reste à faire. La Convention relative au statut juridique des ouvrages communs du 21 décembre 1978 précise bien que le chenal navigable a le statut d'ouvrage commun, ce qui le rend inexpropriable.

6.4 CADRE REGLEMENTAIRE POUR LE TRANSPORT PAR MINERALODUC

6.4.1 Code minier

Conformément aux dispositions de l'article 28 sur les droits conférés du Code minier, la délivrance d'une concession minière confère à la société d'exploitation le droit de transporter les substances extraites ainsi que leurs concentrés ou dérivés primaires jusqu'aux points de stockage, de traitement ou de chargement et d'en disposer sur les marchés intérieur et extérieur.

Il n'existe pas au Sénégal une réglementation précise pour les canalisations de transport de produits miniers. Pour la construction d'un minéraloduc, la société d'exploitation de Matam devra soumettre le projet au Ministre de l'Energie et des Mines pour approbation avant de signer une convention avec l'Etat pour le transport des hydrocarbures.

L'autorisation de construction d'un minéraloduc pour le transport de minerai fera l'objet d'un décret. Avant l'octroi de l'autorisation de construction du minéraloduc, le Ministre saisit l'autorité compétente pour les autorisations qui se révèlent nécessaires pour la construction de l'ouvrage, notamment en matière d'occupation de terrains, conformément aux dispositions de l'article 90 du Code minier.

6.4.2 OMVS

En tant qu'instance internationale responsable de la gestion du fleuve Sénégal et de l'application des principaux accords et conventions entre pays membres, l'OMVS doit approuver tout projet qui pourrait sensiblement modifier le cours des eaux du fleuve Sénégal (voir analyse ci-dessus pour le transport fluvial). Tout pompage d'eau du fleuve Sénégal pour alimenter le minéraloduc ne pourra donc se faire qu'après approbation de l'OMVS.

6.4.3 Recommandations pour le transport par minéraloduc

Bien que le Code minier confère au concessionnaire le droit de transporter les substances extraites du sol, il n'existe pas de réglementation précise pour les minéraloducs, laissant ainsi un léger flou juridique.

La construction d'un minéraloduc traversant le Sénégal représente un important chantier qui demandera un certain nombre d'aménagements pour obtenir les terrains et confirmer les droits de passage. La solution la plus simple sera de suivre le tracé des routes existantes, puisque les routes nationales sont du ressort de l'Etat sénégalais qui pourra accorder les droits de passage. Aux approches des bourgades et des villes, il suffira de contourner les agglomérations pour éviter les zones exigües et pour ne pas avoir à traiter avec de multiples propriétaires privés.

Au niveau du fleuve Sénégal, la réglementation indique que l'autorisation de l'OMVS sera nécessaire avant de pomper l'eau du fleuve qui sera ensuite mélangée avec le minerai de phosphate pour créer la pulpe. Vu le caractère international de l'OMVS, il est clair qu'une solution de transport par minéraloduc demandera plus de concertation avec les autres pays membres de l'organisation qu'une solution ferroviaire ou routière qui resterait sous le contrôle des autorités sénégalaises.

6.5 REGLEMENTATION SUR L'EXPROPRIATION

Quelque soit le mode de transport qui sera retenu, les dispositions du Code minier et de son décret d'application relatives à l'expropriation peuvent servir de base pour l'obtention des droits de passages. En général, les dispositions du Code minier sont reprises dans les conventions d'exploitation signées entre l'Etat et les sociétés d'exploitation minière, y compris les dispositions suivantes :

- **Article 73** : La possession d'un titre minier confère un droit d'occupation sur l'ensemble du Territoire de la République du Sénégal, y compris de procéder à l'établissement de toutes voies de communication et notamment les routes, voies ferrées, canaux, canalisations, convoyeurs, transporteurs aériens, ports, aéroports et réseaux de télécommunication;
- **Article 76** : L'occupation des terrains par le titulaire de titre minier, à l'intérieur comme à l'extérieur des périmètres qui lui sont attribués, donne droit aux propriétaires des terrains ou aux occupants du sol à une indemnisation pour tout préjudice matériel causé.
- **Article 91** : Toute occupation de terrains peut, s'il y a lieu, être déclarée d'utilité publique dans les mêmes conditions et suivant les mêmes règles qu'en matière d'expropriation pour cause d'utilité publique.

7. TACHE 5 : ALTERNATIVES DE FINANCEMENT

7.1 INTRODUCTION

Si le financement de la voie ferrée reliant Matam à Tambacounda suit le même modèle que la voie ferrée reliant la Falémé à Bargny (pour la mine de fer de Mittal), la société d'exploitation de Matam supportera directement l'intégralité des charges relatives à l'exploitation, la maintenance, le renouvellement et l'aménagement des infrastructures ferroviaires et du matériel roulant.

Plusieurs options sont disponibles pour permettre à la société d'exploitation de Matam de financer la construction de la voie ferrée et l'acquisition des équipements nécessaires au bon fonctionnement du service ferroviaire, y compris :

- **Fonds propres** : La société d'exploitation de Matam pourrait financer une partie des investissements lourds sur fonds propres de l'entreprise mère.
- **Crédit-bail** : Des solutions de crédit-bail sont disponibles pour le matériel roulant (locomotives, wagons, etc.) et les machines (tracteurs, pelleteuses, tombereaux, etc.), typiquement d'une durée de 3 à 5 ans.
- **Crédit fournisseur** : Cette option n'est généralement pas disponible chez les sociétés de génie civil, les fournisseurs de rail et les fabricants de matériel roulant qui préfèrent s'associer avec des institutions financières (voir option suivante).
- **Financement par un tiers** : Chaque fournisseur d'équipement développe une relation privilégiée avec une ou plusieurs institutions financières qui pourront ainsi proposer des prêts bancaires allant jusqu'à 10 ans. Les banques commerciales se servent souvent de mécanismes de soutien aux exportations (type Banque Export-Import des Etats-Unis) pour couvrir le risque de non-paiement, ce qui permet de réduire le taux d'intérêt du prêt.
- **Autres mécanismes de financement** : D'autres mécanismes, tels des prêts ou des participations au capital, sont disponibles de diverses agences américaines et internationales (OPIC, IFC, BAD, etc.). Le règlement de ces programmes limite souvent l'éligibilité à des entreprises privées et des entreprises publiques qui sont gérées comme des entreprises privées. De plus, ces programmes ne financent d'habitude qu'une partie des projets et requiert le cofinancement du secteur privé.

Ce chapitre est divisé en trois parties :

- Aperçu des options de financement ;
- Autres mécanismes de financement ;
- Externalisation de prestations.

7.2 APERÇU DES OPTIONS DE FINANCEMENT

Parmi les différentes sources de financement disponibles pour les équipements de sûreté et de sécurité, il en existe cinq principales :

- Fonds propres ;
- Crédit-bail ;
- Crédit-fournisseur ;
- Financement par un tiers.

7.2.1 Fonds propres

La société d'exploitation de Matam, par le biais de l'opérateur de transport ferroviaire qu'elle aura créé, pourrait financer une partie des investissements sur fonds propres. Pour les besoins de cette étude, nous avons estimé que la société d'exploitation de Matam voudra principalement requérir à une ou plusieurs des formes de financement décrites ci-dessous, pour des raisons de restrictions budgétaires et de gestion des flux de trésorerie.

7.2.2 Crédit-bail

Les solutions de crédit-bail sont disponibles pour le matériel roulant (locomotives, wagons, machines, etc.), typiquement pour une durée de 3 à 5 ans. Bien que la vie effective du matériel puisse aller de 10 à 15 ans, les banques hésitent à offrir des baux d'une durée plus longue que 5 ans pour plusieurs raisons :

- Le risque d'obsolescence, plus particulièrement dû à l'évolution de la technologie ;
- La difficulté pour les banques de récupérer et de revendre les équipements en cas de défaillance de l'emprunteur.

Il est difficile pour les sociétés de crédit-bail (qui restent les propriétaires des équipements jusqu'à la fin du bail) d'évaluer le potentiel de revente des équipements en cas de défaillance de l'emprunteur. En conséquence, le coût du crédit-bail pour le matériel roulant peut être assez élevé dans un pays d'Afrique sub-saharienne. C'est aussi une solution attrayante pour les organismes qui doivent avancer rapidement et qui ne peuvent attendre le cycle budgétaire annuel.

7.2.3 Crédit-fournisseur

Le crédit-fournisseur est disponible d'un petit nombre de fabricants qui ont en interne des filiales financières. General Electric, par exemple, peut proposer des systèmes de financement novateurs par le biais de GE Financial Services, une filiale spécialisée dans

le crédit-bail pour de gros investissements comme les locomotives et les machines de chantier (tombereaux articulés, pelles buttes, tracteurs sur pneu, etc.).

7.2.4 Financement commercial par un tiers

Un nombre de banques commerciales offre le financement de projet pour des investissements en infrastructure et machines, mais ce mode de financement coûte typiquement plus cher à cause des frais de transaction et les risques encourus par la banque. Il y a deux types de coûts à prendre en compte pour ce genre de prêt : un coût de transaction unique (payé à l'avance) et les loyers récurrents (payé mensuellement).

Coûts de transaction

Pour un prêt non-souverain (un prêt qui n'est pas garanti par l'Etat), les banques internationales demanderont typiquement entre 1,0-1,5% du montant pour des frais juridiques. Ces frais doivent couvrir le travail de préparation juridique qui est requis pour aligner les termes et conditions du prêt avec la réglementation locale.

Frais de financement

Au vu des risques commerciaux attachés à des prêts conséquents pour des emprunteurs privés et des emprunteurs publics non-souverains dans un pays en voie de développement, les frais financiers exigés par les banques varient grandement selon le risque qu'ils attachent à une transaction particulière.

Dans la plupart des cas, une banque américaine ou européenne couvrira son risque avec un recours à une assurance-risque telle qu'offerte par la Ex-Im Bank dans le cas de produits fabriqués aux Etats-Unis. Cette approche permet à une banque de réduire sa vulnérabilité en cas de défaillance, ce qui lui permet d'offrir un taux d'intérêt plus bas (et plus compétitif) à l'emprunteur.

	Scénario 1: Prêt souverain	Scénario 2: Prêt non-souverain avec assurance-risque¹³	Scénario 3: Prêt non-souverain sans assurance-risque
Conditions du prêt			
Durée du prêt	7 ans	7 ans	7 ans
LIBOR (London Interbank Offered Rate) ¹⁴	4,34%	4,34%	4,34%
Points facturés par la banque	2%	2%	5-8% (est.)
Frais de couverture par l'agence de promotion des exports (type Ex-Im Bank)	<u>0%</u>	<u>0,7%-1%</u>	<u>0%</u>
Taux d'intérêt équivalent	6,34%	7,04%-7,34%	9,34%-12,34%
Coûts de l'emprunt			
Loyer mensuel pour un prêt de 20 Millions de dollars (est.)	224 K\$	231 K\$-234 K\$	255 K\$-288 K\$
Paiements totaux sur 10 ans	26,9 M\$	27,7 M\$-28,1 M\$	30,6 M\$-34,6 M\$

Tableau 7-1 : Exemples de financement par un tiers

En étudiant les trois scénarios proposés (tableau 7-1), plusieurs points essentiels sont en évidence :

- **Scénario 1 (prêt souverain):**
 - Puisque la construction de la voie ferrée de Matam à Tambacounda sera financée par le secteur privé, il est douteux que ce projet bénéficiera d'une garantie de l'Etat.
 - Cependant, il utile de noter que le coût de l'emprunt pour un prêt sur 10 ans est estimé à 6,9 M\$ pour un investissement de 20 M\$.
- **Scénario 2 (prêt non-souverain avec assurance risque):**
 - Ce scénario est le plus évident pour le matériel roulant et les machines de chantier acheté par la société d'exploitation de Matam.
 - Comparé au scénario 1, le scénario 2 encours des intérêts supplémentaires de 1 M\$ sur la durée du prêt.

¹³ Disponible aux exportateurs américains de la Ex-Im Bank

¹⁴ Taux moyen de décembre 2007

- **Scénario 3 (prêt non-souverain sans assurance risque):**

- Ce scénario est le moins évident pour la société d'exploitation de Matam, car le taux d'intérêt serait considérablement plus élevé pour couvrir le risque encouru par la banque.
- Comparé au scénario 2, le taux d'intérêt requis par le scénario 3 pour couvrir le risque accru de défaillance serait aux alentours de 3 M\$-6,5 M\$.

7.2.5 Synthèse des options de financement

Le tableau suivant résume les principaux avantages et désavantages des différents modes de financement (tableau 7-2).

	Fonds propres	Crédit-bail	Financement commercial
Avantages	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisé en partie par les sociétés multinationales bien capitalisées • Permet d'éviter les frais de financement 	<ul style="list-style-type: none"> • Mieux adapté au matériel roulant et aux machines qui peuvent être récupérés par les bailleurs en cas de défaillance (par ex., locomotives, tracteurs, pelleteuses) • Les banques peuvent réduire les frais financiers par l'utilisation d'assurance-crédit octroyé par la Ex-Im Bank 	<ul style="list-style-type: none"> • Mieux adapté aux investissements lourds qui sont difficilement récupérables (par ex., rail) • Les banques peuvent réduire les frais financiers par l'utilisation d'assurance-crédit octroyé par la Ex-Im Bank • Les fournisseurs et les banques travaillent déjà ensemble sur ce mode de financement
Désavantages	<ul style="list-style-type: none"> • Procédures budgétaires internes jusqu'à 24 mois • Difficile à faire accepter lors des périodes de restrictions budgétaires 	<ul style="list-style-type: none"> • Cher pour des installations fixes • Charges financières dépendent de la viabilité financière de l'emprunteur • La plupart des bailleurs voudront éviter toute valeur résiduelle en fin de contrat 	<ul style="list-style-type: none"> • Avantage dépend de la crédibilité financière de l'emprunteur
Autres caractéristiques		<ul style="list-style-type: none"> • Durée de 3 à 5 ans 	<ul style="list-style-type: none"> • Durée de 5 à 10 ans

Tableau 7-2 : Avantages et désavantages des options de financement

7.3 AUTRES MECANISMES DE FINANCEMENT

En plus des options de financement plus traditionnelles comme le crédit-bail et le financement commercial, la société d'exploitation de Matam peut aussi considérer des méthodes alternatives de financement, y compris :

- **Les incitatifs à l'exportation :** Aux Etats-Unis, l'agence responsable de la promotion des exportations est la suivante :
 - Ex-Im Bank (Banque d'Export-Import)
- **Les prêts liés au développement :** Ces organisations offrent différentes possibilités de financement de la dette ou de participation au capital pour des projets du secteur privé dans les pays en voie de développement. Ces sources de financement sont importantes car elles peuvent servir à démultiplier les sources privées de financement. Comme les banques internationales hésitent parfois à investir dans des projets issus de pays en voie de développement, la participation d'organismes d'aide au développement peut aider à mobiliser d'autres sources de financement d'institutions financière privées.
 - Overseas Private Investment Corporation;
 - Société Financière Internationale;
 - Banque Africaine de Développement.

7.3.1 Ex-Im Bank

L'Ex-Im Bank est l'agence officielle de crédit à l'exportation des Etats-Unis. La mission de l'Ex-Im Bank d'aider au financement des exportations américaines de produits et de services. L'Ex-Im Bank ne concurrence pas les institutions financières privées, mais renforce plutôt l'activité des banques commerciales en apportant des sources complémentaires de cofinancement ou d'assurance-risque. L'Ex-Im Bank a un nombre d'instruments financiers à sa disposition pour aider les fabricants, les exportateurs, les banques et les sociétés de crédit-bail aux Etats-Unis. Ses principaux programmes sont les suivants : assurance-crédit à l'exportation, garantie de prêt, et garantie de crédit-bail (tableau 7-3).

Type de programme	Assurance-crédit à l'exportation	Garantie de prêt	Garantie de crédit-bail
Qui soumissionne?	Exportateur américain	Banque	Société de crédit-bail
Objet	Garantie pour un financement à terme offert par un exportateur américain à un client international fiable du public ou du privé	Garantie pour un prêt commercial offert par une banque commerciale à un client international fiable quand le financement n'est autrement pas disponible ou les taux d'intérêt applicables ne sont pas économiquement viables	Garantie pour un crédit-bail offert par une société de crédit-bail à un acheteur international fiable du public ou du privé, quand le financement n'est autrement pas disponible ou les taux d'intérêt applicables ne sont pas économiquement viables
Couverture	90% de couverture contre le risque de défaillance de l'acheteur sans déductible à la première perte	100% du principal et des intérêts accumulés pour tout montant	85% de la valeur du crédit-bail (15% d'acompte requis de la part de l'emprunteur) Crédit-bail financier uniquement (sans valeur résiduelle)
Taille de la Transaction	Court terme : aucune limite Moyen terme: jusqu'à 10 M\$	Pas de limite minimale ou maximale	Jusqu'à 10 M\$
Durée	Court terme : jusqu'à 180 jours Moyen terme : jusqu'à 5 ans	Jusqu'à 5 ans pour les biens d'équipement et les services Jusqu'à 10 ans pour les équipements de transport et les gros projets	Flexibilité des options de financement et de remboursement

Tableau 7-3 : Synthèse des différents programmes d'assurance-risque de l'Ex-Im Bank

Description générale du programme

Les prêts ou les garanties à moyen terme de l'Ex-Im Bank pour les biens d'équipement sont limités à sept ans ou un maximum de 10 Millions de dollars. La limite peut être étendue jusqu'à 10 ans pour les emprunteurs du secteur privé.

Les emprunteurs du secteur public doivent recevoir une garantie de leur gouvernement national pour leurs transactions. Les emprunteurs du secteur privé peuvent avoir besoin de trouver une institution financière reconnue pour garantir ou pour solliciter un prêt. (La nécessité d'obtenir la participation d'un tiers parti dépend de la solidité financière de l'emprunteur).

Le programme de garantie de crédit (CFG en Anglais) de l'Ex-Im Bank peut servir pour les ventes à moyen terme. Sous ce programme, une ligne de crédit CFG peut être offerte par une banque américaine à une banque sénégalaise. Cette ligne de crédit est garantie par l'Ex-Im Bank. Le remboursement de ces prêts doit se faire entre 2 and 5 ans. Sous ce programme, l'acheteur doit payer un acompte de 15% en liquide à l'exportateur en dehors du CFG.

L'Ex-Im Bank peut aussi apporter un financement pour des projets à recours limité si le cash flow du projet offre de bonnes assurances de remboursement. Les conditions principales du programme sont les suivantes : possibilité de financer des biens de production locale jusqu'à 15% de la valeur du contrat ; financement des intérêts accumulés pendant la phase de construction ; financement des coûts locaux jusqu'à 15% de la valeur du contrat (par ex., coûts de construction) ; pas de montant minimum ; conditions de participation au capital établies de projet en projet ; et financement jusqu'à 10 ans, selon la taille du projet.

Procédure de demande

Les démarches sont les suivantes :

- Faire une demande électronique sur www.exim.gov pour une demande de Lettre d'Intérêt (LI). Tout participant à la transaction peut demander une LI ;
- La demande pour une LI est étudiée pour conformité avec les critères d'éligibilité de l'Ex-Im Bank et pour identifier tout point qui devra être étudié en plus de détail lors que la demande sera formellement soumise ;
- Une LI est généralement envoyée par l'Ex-Im Bank dans les 7 jours chômés suivant la demande initiale ;
- Frais de dossier non-remboursable de 100 \$;
- Les termes et conditions sont valables pour 6 mois.

L'emprunteur éventuel doit noter que toute demande pour une garantie de l'Ex-Im Bank est généralement initiée par l'exportateur américain ou l'institution financière qui conseille l'exportateur. Les exportateurs américains et les institutions financières connaissent bien les différents programmes de l'Ex-Im Bank. Ce n'est donc pas à l'emprunteur final de soumettre un dossier. Plutôt, les exportateurs américains vont se servir des programmes de l'Ex-Im Bank pour améliorer la compétitivité de leur offre, y compris le financement.

7.3.2 Overseas Private Investment Corporation (OPIC)

L'OPIC est une agence indépendante du gouvernement américain qui a pour mission de mobiliser et de faciliter la participation du capital américain au développement économique et social des pays moins développés. OPIC soutien les investissements américains dans les pays émergents du monde pour promouvoir le développement et la croissance du marché libre.

OPIC soutient les entreprises américaines en apportant un financement aux fonds d'investissement à risque politique. OPIC vient en complément du secteur privé pour la gestion du risque associé aux investissements étrangers direct et à la politique étrangère. OPIC ne s'engage pas dans le capital-risque et ne soutient que des projets qui impliquent des technologies, produits et procédures avérés.

Description générale du programme

OPIC peut prêter jusqu'à 250 Millions de dollars par projet, à la limite de 50% du coût d'un nouveau projet et 75% du coût d'expansion d'un projet existant qui réussit.

L'amortissement des prêts s'étale sur 5-15 ans, selon les besoins du projet, y compris un période de grâce pour le remboursement du principal si nécessaire. Le taux d'intérêt et les frais de garantie des prêts sont calculés à partir du coût imputé du capital (comparable aux emprunts de l'Etat américain), plus une prime de risque entre 2% et 6% selon l'évaluation d'OPIC du risque commercial et politique du projet.

Les coûts de projet suivant, y compris les couts locaux, sont éligibles :

- Etudes de faisabilité;
- Frais organisationnels;
- Terrain et construction ;
- Machines et équipements ;
- Formation ;
- Frais de développement de marché ;
- Remboursement des intérêts pendant la phase de construction ;
- Frais de lancement, y compris les pertes initiales ;
- Capitalisation suffisante.

Exemples de projets financés par OPIC

OPIC concentre sur activité dans les projets d'infrastructure comme le traitement de l'eau, l'énergie et le réseau routier, bien que la liste des prêts effectués en Afrique couvre tout aussi bien des projets humanitaires ou éducatifs (tableau 7-4).

Pays	Projet	Montant
Algérie	Centrale de dessalements de l'eau	200.000.000 \$
Bénin	Pipeline de gaz naturel	2.500.000 \$
Congo	Réhabilitation des routes	3.900.000 \$
Ghana	Pipeline de gaz naturel	45.000.000 \$
Ethiopie	Services humanitaires	740.000 \$
Nigeria	Nouvelles technologies de l'information et des communications	7.640.000 \$
Tunisie	Ecole	10.000.000 \$

Tableau 7-4 : Exemples de prêts d'OPIC en Afrique en 2006

Procédure de demande

La procédure normale de demande est la suivante:

- Une demande est soumise avec le Formulaire « Finance Form 115, Sponsor Disclosure Form 129 »;
- Après quatre semaines, le demande est acceptée pour traitement ou est renvoyée au demandeur ;
- En cas d'acceptation, une lettre d'engagement est signée entre le demandeur et OPIC, et les frais de dossier sont payés par le demandeur ;
- La procédure d'étude du dossier, qui est très détaillée, peut prendre jusqu'à 6 mois avant qu'OPIC ne délivre une lettre d'engagement ;
- Une lettre de condition (« term sheet ») accompagne la lettre d'engagement ;
- Après signature d'un accord de financement et vérification de la conformité du projet, OPIC débourse les fonds pour un prêt direct ou pour une garantie de prêt.

7.3.3 Société Financière Internationale (SFI)

La Société Financière Internationale (SFI) est la branche de la Banque Mondiale qui est responsable de la promotion durable du secteur privé dans les marchés émergents. L'IFC finance des projets du secteur privé par le biais de prêts et de participation directe au capital. Bien que l'IFC finance principalement des projets du secteur privé, elle peut apporter un financement à des sociétés en partie contrôlées par l'Etat, du moment qu'il y ait une participation du secteur privé et que le projet soit géré selon des principes commerciaux. Le groupe de finance structurée de l'IFC propose des mécanismes d'amélioration du crédit pour les obligations et les prêts à travers des garanties partielles de crédit, des instruments financiers de partage de risque, et les participations dans des mises en obligation.

Description générale du programme

Pour assurer la participation du secteur privé, l'IFC limite le montant total du financement en dette et capital qu'elle apporte à un projet unique. Pour les nouveaux projets, le maximum est de 25% du coût total estimé du projet, ou exceptionnellement jusqu'à 35% pour de petits projets. Pour les projets d'expansion, l'IFC peut contribuer jusqu'à 50% du coût du projet, du moment que son investissement ne dépasse pas les 25% de la capitalisation totale de la compagnie responsable du projet.

Parce que les règles de l'IFC limitent de façon générale sa participation financière à 25% de la capitalisation totale du projet, le financement de l'IFC doit servir surtout à mobiliser d'autres sources de financement. Il est plus facile en principe aux sponsors du projet d'attirer des sources privées de financement quand ils peuvent démontrer qu'ils ont obtenu le soutien financier de l'IFC (et le soutien financier qui s'y rattache).

Exemples de projets de l'IFC

- **Opérateur ferroviaire au Kenya** : Prêt de 32 M\$ au concessionnaire ferroviaire Rift Valley Railways pour un programme de revitalisation et de modernisation du réseau ferroviaire.
- **Société de leasing en Russie** : Prêt de 15 M\$ à la société privée JSC Russkiy Mir pour l'achat de wagons citernes qui seront loués à des sociétés pétrolières.
- **Société de transport de produits pétroliers au Cameroun** : Prêt de 700 K\$ à la société Sodetran-Cam pour accroître son parc de camions-citernes.
- **Compagnie de navigation fluviale en Roumanie** : Prêt de 14 M€ à la société privée Navrom pour la modernisation de sa flotte de pousseurs et des améliorations opérationnelles.
- **Opérateur ferroviaire au Pérou** : Prêt de 9 M\$ au concessionnaire ferroviaire Ferrocarril Transandino SA pour la modernisation du réseau ferroviaire.

Procédure de demande

- Le demandeur soumet une proposition d'investissement à l'IFC ;
- Après une enquête initiale, l'IFC demande une étude de faisabilité ou un plan d'affaire détaillé pour évaluer le projet ;
- L'équipe d'évaluation étudie les aspects techniques, financiers, économiques et environnementaux du projet et soumet sa recommandation à la direction de l'IFC ;
- Si le financement est approuvé, le département juridique de l'IFC prépare les documents contractuels ;
- Avant soumission au conseil de l'IFC, le public est notifié et les documents d'étude d'impact environnementale sont rendus public ;

- Si le conseil de l'IFC approuve le projet, l'IFC et le demandeur signe un accord de financement.

7.3.4 Banque Africaine de Développement

La Banque Africaine de Développement (BAD) est une des principales institutions financières en Afrique. La mission de la BAD est de contribuer au développement économique et social par le biais de prêts, de participation au capital, et d'assistance technique. La BAD offre une panoplie diversifiée de produits financiers, y compris des prêts bancaires, des garanties, des produits de gestion de risque, et des participations au capital de projets souverains (garanties par l'Etat) et non-souverains.

La BAD se concentre sur les programmes financiers suivants :

- Crédit partiel et garantie de risque partielle pour encourager le financement de projets du secteur privé dans les pays membres ;
- Prêts et lignes de crédit pour les entreprises du secteur privé ;
- Prêts et lignes de crédit pour les emprunteurs du secteur public ne bénéficiant pas d'une garantie souveraine ;
- Prêts et lignes de crédit pour les emprunteurs du secteur public bénéficiant d'une garantie souveraine ;
- Produits de gestion de risque pour encadrer les prêts de la BAD.

Description générale du programme

Le montant total de l'assistance de la BAD à une entreprise particulière, y compris prêts, garanties et autres engagements, ne peut normalement pas dépasser le tiers du coût total du projet. La participation de la BAD au capital ne peut normalement pas dépasser 25% du capital de toute entreprise.

Une entreprise doit en principe être privée pour bénéficier du financement de la BAD, ce qui ne poserait pas de problèmes pour la société d'exploitation de Matam. L'entreprise doit suivre des principes commerciaux et doit présenter une proposition de projet qui est solide. Aucune garantie souveraine n'est acceptée pour ce type de prêt.

Pour les entreprises privées, la BAD propose :

- Des prêts en devises ;
- Des participations au capital de l'entreprise ;
- Des garanties ;
- Des lignes de crédit ;
- Des syndications de prêt.
- Loan syndications and underwriting.

Procédure de demande

- Soumission d'informations générales sur le client, la société et le projet ;
- Description du marché pour le produit proposé ;
- Description des aspects techniques du projet ;
- Infrastructure et transports ;
- Aspects environnementaux ;
- Organisation et gestion du projet ;
- Rôle du gouvernement, taxation, réglementation, et incitatifs spéciaux ;
- Coûts d'investissement du projet, et plan de financement ;
- Evaluation financière et économique ;
- Risques et protections.

7.3.5 Synthèse des critères d'éligibilité

Le tableau 7-5 décrit les critères d'éligibilité pour soumissionner aux différents programmes de financement.

EX-IM	OPIC	SFI	BAD
Le demandeur doit démontrer des contrats d'achat à long-terme	Le projet doit contribuer de façon importante au développement social et économique du pays d'accueil	Le projet doit être situé dans un pays membre de la SFI	Le demandeur doit être une société privée dans un des pays membres de la BAD
Les contrats d'achat doivent avoir une durée supérieure à la durée du financement de l'Ex-Im Bank	Le projet doit être crédible financièrement et commercialement	Le projet doit relever du secteur privé	Le demandeur qui est en partie ou totalement une société d'Etat est éligible si elle fait preuve d'autonomie financière
L'allocation du risqué doit être proportionnelle à la capacité de chaque intervenant à gérer ce risque	La direction du projet doit démontrer une expérience similaire réussie dans le même domaine	Le projet doit être techniquement faisable	Le projet doit suivre les règles commerciales et présenter un concept qui soit crédible
Les coûts du produit doivent être similaires à d'autres projets	Les investisseurs doivent établir un bon ratio de dette et de capital	Le projet doit avoir de bonnes perspectives de profitabilité	Aucune garantie souveraine n'est acceptée
Le prix de vente du produit doit refléter le coût de financement selon les conditions de marché	Les investisseurs américains doivent assumer une partie du risque, au minimum 25%	Le projet doit bénéficier l'économie locale	Le projet doit être en adéquation avec les objectifs de développement économique du pays
Les risques de dévaluation doivent être mitigés par des revenus en devises	Le projet doit encourager l'initiative privée et la compétition	Le projet doit respecter les principes environnementaux et sociaux	Le projet doit être financièrement et économiquement durable

Tableau 7-5 : Critères d'éligibilité

7.4 EXTERNALISATION DE PRESTATIONS

L'externalisation de certains services peut être une approche efficace pour réduire les frais d'exploitation et pour améliorer la qualité de service par l'introduction de prestataires privés spécialisés.

Pour le transport des phosphates de Matam, la société d'exploitation de Matam pourrait éventuellement externaliser les services suivants :

- **Services de gardiennage** : Surveillance et protection des terminaux de chargements et de déchargement, et des parcs de stationnement pour le matériel roulant ;
- **Entretien et maintenance du matériel roulant** : Maintenance des locomotives, des tracteurs, des pelleteuses et des camions ;

- **Service de transport :** Après construction de la voie ferrée de Matam à Tambacounda, la société d'exploitation de Matam pourrait choisir d'externaliser toute la prestation de transport des phosphates au concessionnaire ferroviaire national (Transrail) pour pouvoir se concentrer sur ces activités minières.

8. TACHE 7 : ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE PRELIMINAIRE

8.1 INTRODUCTION

L'Etude d'impact environnemental préliminaire (EIEP) vise à fournir un examen préliminaire de l'impact prévu du projet sur l'environnement; à identifier les impacts négatifs probables; à discuter du degré auquel ils peuvent être atténué ; et faire des recommandations sur une étude d'impact environnementale complète si nécessaire. Dans beaucoup de cas, un des quatre modes de transports proposés aura un impact, tandis que les autres trois n'auront pas d'impact notable.

Ce chapitre est divisé en 14 sections :

- La vue d'ensemble de l'écosystème du Sénégal ;
- L'examen de la réglementation sur l'environnement ;
- Les impacts comparatifs des modes de transport ;
- La qualité de l'air ;
- La qualité sonore ;
- La qualité de l'eau ;
- L'habitat aquatique ;
- Les sols et les sédiments ;
- La végétation ;
- La faune ;
- L'usage des sols ;
- Les zones protégées ;
- Les infrastructures locales ;
- Les populations locales.

8.2 VUE D'ENSEMBLE DE L'ECOSYSTEME DU SENEGAL

Le Sénégal est un pays plat principalement composé de plaines et de plateaux. Il est situé au carrefour de quatre grandes zones climatiques d'Afrique de l'Ouest: la zone saharienne, la zone sahélienne, la zone soudanienne et la zone Guinéenne. Les écosystèmes sénégalais sont caractérisés par leurs diversités relatives et par leurs multiples fonctions (environnementale, économique, sociale et culturelle). Les écosystèmes du pays vont des steppes, des prairies, de la savane arborée du Nord aux

formations de forêts claires sub-guinéennes à l'Est et au Sud, et des écosystèmes côtiers et de littoral tout le long du Littoral Atlantique.

Les aires protégées du Sénégal comprennent 6 parcs nationaux, 3 réserves de faune, 8 réserves de chasse, 20 réserves sylvo-pastorales, et 213 forêts classées, couvrant une superficie totale de 11 934 663 ha, soit plus de 40% du territoire national. Trois des aires protégées sont des réserves de biosphères, deux sont des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO, et quatre sont des sites de Zone Humide Ramsar.

Le fleuve Sénégal, long de 1 800 km, qui est le second fleuve le plus de long d'Afrique de l'Ouest. La plus grande partie du bassin du fleuve Sénégal connaît un climat de désert sub-saharien. Quatre pays partagent ce bassin : la Guinée, le Mali, la Mauritanie et le Sénégal. Le bassin est constitué de trois parties distinctes: Le Haut Bassin qui est montagneux; la vallée; et le delta, qui est une source de biodiversité et de zones humides. La population totale vivant dans le bassin du fleuve Sénégal est d'environ 3 500 000 habitants, dont 85% vivent aux abords du fleuve.

L'agriculture est au cœur de l'économie sénégalaise et représente le plus important secteur d'activité économique. Elle occupe plus de la moitié de la population, et contribue pour 10% au PIB, absorbant environ 10% des programmes d'investissement publics. L'agriculture occupe environ 1/5 des terres.

Le Sénégal dispose de 700 km de côtes juste au sud du désert du Sahara. Cette position transitoire du pays fait de sa biodiversité quelque chose d'important tant sur le plan régional que mondiale. Cette zone représente la limite septentrionale de répartition pour un grand nombre d'espèces tropicales d'animaux et de plantes côtiers et marins. Il fournit également des aires importantes de repos et d'hivernage pour plusieurs oiseaux migrants paléarctiques.

Le Lac de Guiers et le fleuve Sénégal inférieur forment une zone humide et un complexe d'écosystème unique qui constitue l'une des oasis de biodiversité dans l'Afrique occidentale sahélienne. La région disposait initialement de plus de 800 espèces de plantes, dont 33 sont endémiques. Le surpâturage, la déforestation et la désertification demeurent les plus grandes préoccupations du bassin inférieur du fleuve Sénégal depuis le milieu des années 1980.

8.3 REGLEMENTATION DE L'ENVIRONNEMENT

La Loi N°. 2001-01, du 15 janvier 2001 est le principal outil pour la gestion de l'environnement au Sénégal. Cette Loi établit les principes environnementaux et décrit les cadres d'action. Selon cette loi, tout projet de développement ou activité susceptible de nuire à l'environnement ainsi que les politiques, plans et programmes et études régionales et sectorielles devront être soumis pour évaluation environnementale. Toutes les Etudes d'Impact Environnemental devront être réalisées par une société accréditée par le Ministère de l'Environnement.

Au niveau institutionnel, le Ministère de l'Environnement et de la Protection de la Nature (MEPN) est l'instance de contrôle et est en charge de l'élaboration et de l'application de la politique environnementale. Il est appuyé par plusieurs directions techniques.

8.4 IMPACTS COMPARATIFS DES MODES DE TRANSPORT

8.4.1 Résumé des impacts positifs et nuisibles

Le tableau 8-1 résume les impacts positifs et négatifs du projet de transport des phosphates de Matam.

Mode de transport	Exemples d'impacts environnementaux positifs	Exemples d'impacts environnementaux nuisibles
Rail	<ul style="list-style-type: none"> • Moins d'émission que le transport par camion • Trois fois plus économique en consommation de carburant que les camions 	<ul style="list-style-type: none"> • Emission de poussière de phosphate pendant le chargement et le transport • Les wagons produisent du bruit et des vibrations dans les villes environnantes
Route	<ul style="list-style-type: none"> • Minimal 	<ul style="list-style-type: none"> • Emission de poussière de phosphate pendant le chargement et le transport • Pollution atmosphérique et bruit sur les routes
Barge	<ul style="list-style-type: none"> • Faible encombrement sur le fleuve Sénégal • Chargement le plus important par convoi • Impact environnemental (émission et consommation de carburant) le moindre de toutes les options 	<ul style="list-style-type: none"> • L'huile et la graisse des barges peuvent être une source de pollution des ressources hydriques • Impact sur la Langue de Barbarie pour le transfert fleuve/océan
Minéraloduc	<ul style="list-style-type: none"> • Moins d'encombrements sur les routes • Elimination des sources de poussière pendant le transport • Réutilisation possible de l'eau de la pulpe à l'arrivée 	<ul style="list-style-type: none"> • Poussière plus fine au chargement/déchargement (40 microns), pouvant causer de problèmes respiratoires • Consommation électrique ou groupes diesel pour les pompes • Besoins modestes d'eau du fleuve Sénégal

Tableau 8-1 : Impacts environnementaux des modes de transport

8.4.2 Efficacité énergétique

Concernant l'efficacité énergétique, les trains de marchandises consomment trois fois moins de carburant que les camions de transport et par conséquent, ont un plus faible impact sur les émissions atmosphériques que les camions (figure 8-1). Les barges peuvent transporter plus de poids et des volumes plus importants à moindre coût et ont un impact environnemental inférieur au fret transporté par avion, par train, ou par camion.

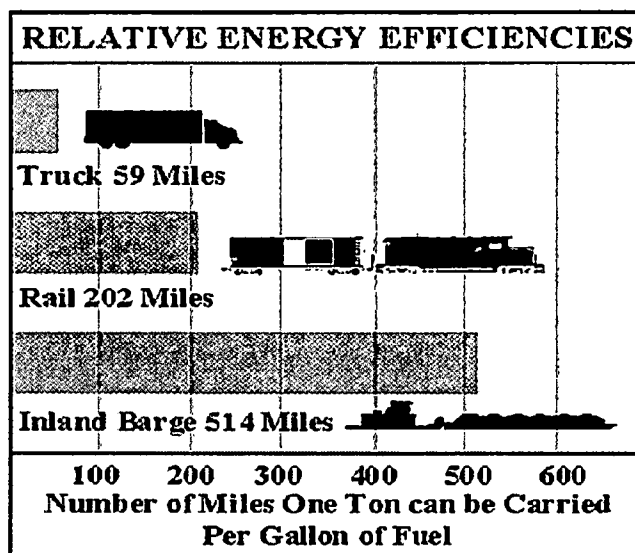


Figure 8-1 : Comparaison de l'efficacité énergétique par mode de transport (nombre de miles une tonne peut être acheminée pour 4,5 litres de carburant)¹⁵

8.4.3 Emissions

Le transport routier est le plus grand émetteur d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et d'oxyde d'azote (tableau 8-2). Le minéraloduc, étant souterrain, est le plus faible.

Mode de transport	Hydrocarbure	Monoxyde de carbone	NOx (oxydes d'azote)
Pousseur	0,04 kg	0,09 kg	0,24 kg
Train	0,21 kg	0,29 kg	0,83 kg
Camion	0,29 kg	0,86 kg	4,62 kg

Tableau 8-2 : Emissions de différents modes de transport (émission de polluants produits en transportant une tonne de cargo sur 1 000 km)¹⁶

¹⁵ Source : *Environmental Advantages of Barge Transportation*, Département des Transports des Etats-Unis, Administration Maritime

8.5 QUALITE DE L'AIR

8.5.1 Route

Impacts négatifs

Pendant la construction ou la réhabilitation de routes:

- La préparation de l'asphalte et l'aspersion de la mixture sur la surface de la route peuvent produire des émissions de gaz et de fumée ;
- Le mouvement des machines et des véhicules de construction peuvent causer des émissions de poussière qui peuvent affecter la santé humaine et accroître la prévalence des maladies pulmonaires.

Pour la manipulation du phosphate et des systèmes de stockage, les impacts environnementaux comprennent la poussière de phosphate générée pendant le transport et la poussière libre générée par le vent et les tempêtes. Le phosphate sénégalais est plutôt friable et un vent fort peut propager la poussière dans l'air. Ceci peut se produire avec la benne découverte d'un camion, le lieu de chargement, ou le lieu de stockage où le phosphate est déposé, puis chargé dans des wagons.

Mesures d'atténuation

La poussière générée par le trafic routier peut être réduite par différents moyens.

- Un arrosage régulier par des camions citernes ou des arroseurs fixes est efficace quand les sources d'eau ne sont pas limitées. Si les sources d'eau sont limitées, alors il peut être plus approprié d'avoir recours à l'application d'agents liants de surface, la sélection de matériaux de construction appropriés ou l'isolation des voies d'accès les plus utilisées.
- La dispersion de poussière de phosphate des véhicules peut être contrôlée par l'utilisation de bâches pour les bennes des camions et l'installation de silos couverts sur les lieux de chargement et de déchargement. Les bâches de camion peuvent être des couvertures rigides plutôt que des toiles pour éviter les déchirures de toiles.
- La plantation d'une végétation protectrice et le dallage le long de la route réduiront aussi la poussière.

Impacts positifs

Une route de gravier ou de pavés réduira les émissions de la poussière causée par le schéma actuel de conduite sur une route de terre. Une route pavée plutôt qu'en gravier permettra par ailleurs d'améliorer le flux de véhicules, réduisant ainsi le potentiel

¹⁶ *Idem*

d'encombres. Ainsi, le gaspillage de carburant et les émissions de gaz, telles que le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote, seront aussi réduits. Alors que les émissions totales des véhicules sont censées croître proportionnellement à la croissance du flux du trafic, ceci sera partiellement compensé par un trafic plus fluide.

8.5.2 Rail

Impacts nuisibles

Les moteurs diesel émettent un mélange complexe de polluants de l'air, composé de matières gazeuses et solides qu'on appelle matières particulaires (MP) comme les particules de carbone ou la "suie". Les particules de diesel sont des contaminants toxiques de l'air qui peuvent causer le cancer, les morts prématurées, et d'autres problèmes de santé. Les dangers sur la santé, provoqués par les particules de diesel, sont plus élevés dans les zones d'émissions concentrées, telles que les ports, les dépôts ferroviaires ou les centres de distribution des entrepôts. L'exposition aux particules de diesel constitue un danger pour la santé, particulièrement pour les enfants dont les poumons sont toujours en développement et les personnes âgées qui pourraient avoir d'autres problèmes de santé graves.

- La poussière de phosphate peut être émise pendant le chargement ou le déchargement des wagons et pendant le transport du phosphate ;
- Les feux de broussailles peuvent se produire dans les zones avoisinant les voies ferrées ;
- Les émissions peuvent provenir de déversements d'hydrocarbures et d'autres matières ;
- Les émissions peuvent provenir des moteurs diesel fonctionnant au ralenti dans les gares de triage ou lors du croisement ou du dépassement d'autres trains.

Mesures d'atténuation

- Le tombereau des wagons devra être recouvert lors du transport du phosphate ;
- Le chargement et le déchargement du phosphate devra se faire dans un silo couvert dans l'aire de chargement ;
- Un système d'arrosage pourra être installé dans l'aire de chargement pour éliminer toute poussière libre par arrosage ;
- On peut exiger l'arrêt pour réduire le fonctionnement au ralenti des wagons ;
- Le déchargement de wagons par le bas est à éviter car il complique le déchargement et augmente le coût.

Impacts positifs

Il y a moins d'émissions avec le transport par voie ferrée que par camion. La qualité de l'air devrait ainsi s'améliorer suite à une meilleure fluidité et une réduction du volume de camion au fur et à mesure que le volume de transport ferroviaire augmente. De plus, les réseaux ferroviaires requièrent beaucoup moins d'espace que les réseaux routiers.

8.5.3 Barge

Impacts nuisibles

L'impact des moteurs diesel utilisés pour le transport en barge est similaire aux moteurs diesels utilisés dans le transport ferroviaire (voir section ci-dessus).

Mesures d'atténuation

Les mesures anti-pollution peuvent être appliquées et la réglementation devra être élaborée pour le chargement et le déchargement des barges.

Impacts positifs

À la différence des routes et des réseaux ferroviaires, les usagers de transports en commun et les voyageurs n'utilisent pas les voies fluviales. Ainsi les barges n'ajoutent rien au niveau de congestion du trafic sur les routes et les chemins de fer du Sénégal. Les barges peuvent acheminer de plus grands volumes pour la même quantité de carburant et avec moins d'impacts environnementaux que les camions ou le train.

8.5.4 Minéraloduc

Impacts nuisibles

Pour un minéraloduc, le minerai de phosphate doit être broyé à 40 microns (0,04 mm) avant d'être mélangé à l'eau pour créer la pulpe. Pour le transport par barge, camion ou train, le phosphate est transformé en aggloméré plus épais (entre 1 et 6 mm).

Le vent peut plus facilement emporter le phosphate quand il est broyé à cet état fin, soit lors du traitement initial avant que la pulpe ne soit créée, soit après que la déshydratation du phosphate (c'est-à-dire que le phosphate est séparé de l'eau et séché). Cette activité peut prendre place à plusieurs endroits : dès son arrivée au port de Bargny avant que le phosphate ne soit chargé dans un vraquier; dès son arrivée dans l'usine des ICS à Darou Khoudoss; ou à un point de transfert pour le chargement dans des wagons, à Tambacounda par exemple.

Les émissions libres viennent principalement de fuites opérationnelles liées au fonctionnement de canalisations, de valves, de connexions, de collerettes, de réservoirs de stockage et de joints d'étanchéité des pompes et au chargement et de déchargement

de minerais. Les particules de poussière sont émises à partir des opérations de traitement telles que le concassage et le séchage.

Mesures d'atténuation

Le phosphate devrait garder un taux d'humidité entre 5% et 7% après son séchage à l'arrivée du minéraloduc. Cela permettra de réduire la quantité de phosphate emportée par le vent et facilitera la manutention. Comme avec les autres solutions, les infrastructures de manutention et les transporteurs à courroie devront être couverts.

La poussière et l'érosion de particules fines des piles de rejets peuvent être contrôlées à un certain degré par:

- Une couverture en terre suivi d'un programme de remplacement de la couverture végétale ;
- Le paillage avec des matières organiques ;
- La pulvérisation d'agents liants sur la surface à protéger.

Un système de suivi, de programmes d'entretien et de réparation devra être mise en place pour réduire ou éliminer les émissions accidentelles de particules. Les équipements devront être inspectés chaque mois pour assurer la conformité technique avec la réglementation en vigueur sur la sécurité et l'environnement.

Les infrastructures de transfert (minéraloduc-barge, minéraloduc-rail, ou minéraloduc-usine de traitement) devront être situées à l'écart des zones urbaines. Une infrastructure de transfert pipeline-rail par exemple, pourrait être située à plusieurs kilomètres à l'est de Tambacounda, pour que les vents dominants entraînent hors de la ville les émissions aériennes de phosphate.

Impacts positifs

Les systèmes de minéraloduc fonctionnent continuellement et ne sont pas assujettis aux intempéries, aux encombrements, ou à d'autres retards pouvant nuire aux autres modes de transport. Les systèmes de minéraloduc se prêtent volontiers à une automatisation de l'exploitation, du suivi et du contrôle car ils ont peu de composantes fonctionnelles (comparée aux flottes de camions et aux équipements ferroviaires). Les risques de pollution le long du trajet du pipeline (en l'absence de brèches) sont beaucoup plus faibles comparé au transport ferroviaire, routier ou fluvial.

Il y a aussi une qualité esthétique au minéraloduc, car les canalisations sont enterrées et hors de vue, et il y a peu de structures en surface. La terre peut alors être utilisée pour l'agriculture ou pour d'autres usages.

8.6 QUALITE SONORE

8.6.1 Route

Impacts nuisibles

Lors de la construction de routes, le bruit et les vibrations causés par les machines de construction, les véhicules de chantier, les concasseurs et les marteau-piqueurs peuvent avoir un impact nuisible sur l'environnement naturel et biologique.

L'utilisation de poids lourds et de gros équipements peut générer un important bruit, souvent en continu, ce qui peut affecter le bien-être des communautés riveraines. Ceci est particulièrement vrai au Sénégal, où peu de bretelles de contournement existent et la plupart des camions passe à travers des villages fortement peuplés et les centres-villes.

Mesures d'atténuation

L'impact peut être réduit par:

- Un choix minutieux pour le tracé des routes, et la construction de bretelles de contournement qui évitent un trafic direct dans les centres-villes ;
- L'utilisation de barrières auditives ou de zones tampons vertes entre les routes et les zones habitées ;
- L'enchaînement des opérations de transport pour éviter les jours de fêtes très animés et les fêtes religieuses ;
- La limitation des heures de fonctionnement de l'équipement, pour éviter par exemple les conduites nocturnes ;
- La formation des camionneurs aux techniques de conduite qui minimisent le bruit dû au klaxon et à l'état de marche des moteurs.

Les travailleurs se trouvant dans le voisinage des lieux de bruits de forte intensité devraient porter un dispositif de sécurité et de protection.

8.6.2 Rail

Impacts nuisibles

Les wagons provoquent beaucoup de bruit et de vibrations quand ils traversent les villages.

Mesures d'atténuation

Une guide des bonnes pratiques et un protocole d'exploitation sur le transport, la manutention, le traitement et l'élimination des substances et des déchets ordinaires ou

dangereux devraient être élaborés pour minimiser ou éliminer les risques pour l'environnemental et/ou la santé humaine.

Impacts positifs

Les voies ferrées sont généralement situées le long des zones industrielles des villes et souvent contournent les plus petites communautés. Le résultat en est que, le transport de phosphate par rail a généralement un impact plus modéré sur la pollution sonore que les camions.

8.6.3 Transport fluvial

Impacts positifs

Le bruit constitue un problème moins important pour le transport fluvial qu'il ne l'est pour le transport routier ou ferroviaire, dans la mesure où les barges auront tendance à naviguer au milieu du fleuve. Par conséquent, la largeur du fleuve constitue une zone tampon pour les populations riveraines.

8.6.4 Minéraloduc

Impacts nuisibles

Du bruit et des vibrations peuvent être produits par des équipements tels que les équipements de dérochement, de concassement et de broyage sur le site où on exploite le phosphate.

La pollution sonore peut aussi être produite par les pompes qui doivent être situées à intervalles réguliers le long du minéraloduc (tous les 100-200 km environ) pour régénérer le flux de la pulpe. La pollution auditive peut aussi être produite par les infrastructures de séchage qui doivent être situées à la fin du pipeline.

Mesures d'atténuation

L'impact du bruit peut être réduit en jalonnant les opérations d'exploitation et en limitant les heures de fonctionnement des équipements. Les pompes et les infrastructures de séchage peuvent être installées le plus loin possible des zones habitées.

Impacts positifs

Dans la mesure où ils sont enterrés, les minéraloducs, une fois opérationnels, produisent le moins de bruit possible le long du corridor de transport de tous les modes de transport. En outre, les infrastructures de séchage sont généralement situées dans des zones— tels que les ports, les gares ferroviaires et les usines de traitement— qui génèrent déjà un bruit considérable.

8.7 QUALITE DE L'EAU

8.7.1 Route

Impacts nuisibles

Différents circuits sont proposés pour le transport par camion. Un des circuits proposés utilise la route existante entre Matam et Kidira qui est parallèle au fleuve Sénégal. Tout déversement accidentel le long de cette route aurait un impact beaucoup plus important sur le fleuve Sénégal qu'un des autres circuits proposés qui traverse des zones plus sèches, tel que le circuit de Matam à Tambacounda.

- Lors de la construction des routes, de grosses quantités de terre doivent être déplacées et réutilisées pour construire la chaussée. Une partie de cette terre peut finir par bloquer ou par polluer les rivières ;
- De grandes quantités d'eau seront nécessaires pour pouvoir arroser la surface de la route afin de minimiser la poussière ;
- Les camps de travailleurs temporaires peuvent contribuer à polluer l'eau, en particulier par des déchets et les excréments humains ;
- Le trafic de poids lourds sur des chaussées non étanches peut générer des particules fines qui contamineront les eaux de ruissellement ;
- Les eaux de surface et les eaux souterraines peuvent être polluées par des fuites d'hydrocarbures provenant des moteurs.

Mesures d'atténuation

- Les routes devront être construites de sorte à éviter autant que possible les zones sensibles de bassins versants ;
- Des mesures comme les trappes à boue ou les barrages de rétention de sédiments peuvent contrôler les émissions de particules fines ;
- Les impacts hydrologiques peuvent être minimisés en permettant un écoulement sans entrave de l'eau, c'est-à-dire, en installant les caniveaux adéquats lors de la conception des routes ;
- Les systèmes d'égouts pour les camps de travailleurs devront être conçus, construits et utilisés de sorte à prévenir la pollution des eaux souterraines ou des cours d'eau adjacents.

8.7.2 Rail

Impacts nuisibles

- Pendant la construction de voies ferrées, de grosses quantités de terres doivent être déplacées et réutilisées pour construire la chaussée. Une partie de cette terre peut finir par bloquer ou polluer les rivières ;
- De grandes quantités d'eau seront nécessaires pour pouvoir arroser la surface de la route afin de minimiser la poussière ;
- Les camps des travailleurs temporaires peuvent contribuer à polluer l'eau, en particulier par des déchets et les excréments humains ;
- Le trafic de trains peut générer des particules fines qui contamineront les eaux de ruissellement ;
- Les eaux de surface et les eaux souterraines peuvent être polluées par des fuites d'hydrocarbures provenant des moteurs.

Mesures d'atténuation

- Les lignes ferroviaires devront être construites de sorte à éviter autant que possible les zones sensibles de bassins versants ;
- Des mesures comme les trappes à boue ou les barrages de rétention de sédiments peuvent contrôler les émissions de particules fines ;
- Les impacts hydrologiques peuvent être minimisés en permettant un écoulement sans entrave de l'eau, c'est-à-dire, en installant les caniveaux adéquats lors de la conception de la ligne ferroviaire ;
- Les systèmes d'égouts pour les camps de travailleurs devront être conçus, construits et utilisés de sorte à prévenir la pollution des eaux souterraines ou des cours d'eau adjacents.

Impacts positifs

Il sera plus facile pour les autorités de surveiller et de réguler les mesures d'atténuation environnementales prises par le concessionnaire ferroviaire car la ligne ferroviaire est administrée par une seule entité (et non par un nombre élevé de camionneurs autonomes),

8.7.3 Barge

Impacts nuisibles

Le déversement accidentel et les fuites d'hydrocarbures, d'huiles et de graisse des barges dans le fleuve peuvent constituer une source de pollution des ressources en eau.

Cette pollution peut avoir un impact nuisible sur les poissons du fleuve. La pêche pratiquée dans le fleuve est en grande partie de la pêche de subsistance. La perche du Nil, le Tilapia et le poisson-chat fournissent la principale source de protéine de l'alimentation.

Un autre danger est le risque d'accident, tels que: une collision entre des barges; une collision avec un dock, un pont, un barrage ou une écluse; un échouage; ou une perte de manœuvrabilité due à une panne de moteur. De tels accidents peuvent provoquer le déversement de phosphates et/ou de gasoil dans le fleuve.

Mesures d'atténuation

Les déchets solides dangereux et autres déchets devront être adéquatement stockés pour prévenir que les ruissellements d'eaux contaminées n'entrent dans les cours d'eau adjacents. Les zones encombrées des barges devront être régulièrement nettoyées.

Pour éviter les accidents, les programmes suivants devront être mis en place:

- Une bonne signalisation du chenal de navigation qui sera sécurisé pour les convois de barges ;
- Le balisage des obstacles potentiels tels que les ponts, les barrages, les ferries et les écluses ;
- Une inspection régulière du chenal navigable et un dragage périodique pour maintenir le tirant d'eau ;
- Une formation sur la sécurité pour les opérateurs de barge et leurs équipages ;
- Des plans et des équipements de premiers secours pour les autorités locales afin qu'elles puissent réagir rapidement en cas d'urgence.

8.7.4 Minéraloduc

Impacts nuisibles

Selon nos estimations, un minéraloduc aura besoin de 2 millions m³ d'eau du fleuve Sénégal chaque année. Cela représente 0,07 m³ par seconde, une fraction du débit régulier du Sénégal, en supposant un fonctionnement 24H/24 et 350 jours dans l'année. L'impact nuisible sur les ressources en eau est donc minime mais non-négligeable, car l'eau est une ressource rare dans la région. L'opérateur du minéraloduc devra obtenir une autorisation de l'OMVS, l'autorité du fleuve qui est conjointement gérée par le Sénégal, la Mauritanie, le Mali et la Guinée.

Eventuellement, d'autres sources d'eau pourraient être identifiées pour le minéraloduc, surtout des eaux considérées comme non potable comme :

- Des restitutions d'eau de systèmes d'irrigation ;
- Des effluents d'égout primaires ou secondaires ;

- Des eaux salines ;
- Le recyclage de l'eau du minéraloduc qui renvoyée au départ par une deuxième canalisation.

A ce point, nous pensons que les scénarios ci-dessus sont difficilement envisageables dans la mesure où l'eau du fleuve Sénégal est disponible à proximité. Le recyclage de l'eau de pulpe par un de retour ne serait pas rentable dans la mesure où il y a pénurie d'eau là où le pipeline fini, soit dans les usines des ICS à Darou Khoudoss ou au port de Bargny au sud de Dakar.

L'utilisation de techniques de suivi, de réponse d'urgence et de confinement permettent de réduire l'impact des fuites accidentelles du minéraloduc. Des systèmes de suivi et de contrôle automatisés permettent que de notifier le service technique en cas de panne ou de rupture. Des murs de terre et des canalisations à double parois peuvent minimiser l'impact des fuites jusqu'à ce qu'une action corrective soit engagée.

Au Maroc, les deux sociétés de phosphate aident les populations locales avec leur besoin en eau.

Au siège des opérations de Youssofia, l'Office Chérifien des Phosphates (OCP) récupère l'eau qui s'infiltré dans les mines souterraines de phosphate. L'eau est pompée à la surface et utilisée pour les opérations de lavage du minerai et pour l'irrigation des champs des agriculteurs locaux. Un système de canalisation et d'aqueducs est utilisé pour transporter l'eau. Les fermiers souscrivent pour avoir l'autorisation de puiser l'eau.

Jordan Phosphate Mines Co. Ltd. (JPMC) fournit l'eau résiduelle de l'usine de phosphate aux agriculteurs bédouins pour l'irrigation de leurs fermes. L'eau est convoyée dans plusieurs champs environnants et utilisée pour irriguer différentes cultures agrumes et céréalières. La production agricole est destinée à l'autoconsommation, et vendue à la cantine de la mine, dans les marchés voisins et aux voyageurs passant sur l'autoroute du désert.

Dans les deux cas, le niveau de contamination des eaux résiduelles est testé. L'irrigation rendue possible par l'eau des concessions de la mine de phosphate améliore ainsi le bien-être des communautés locales en contribuant à la production alimentaire et à des sources de revenus liées à la vente des excédents alimentaires.

Tableau 8-3 : Exemple d'utilisation d'eau des concessions de phosphate au Maroc

Impacts positifs

Au lieu final, l'eau qui est récupérée du minéraloduc (après séchage du phosphate) peut être utilisée pour l'agriculture et l'industrie (tableau 8-3). Avec la rareté de l'eau le long du littoral Sénégalais, la disponibilité de l'eau du minéraloduc constitue un impact positif, bien que limité dû à la faible quantité d'eau impliquée. Un représentant des ICS a

rapporté que l'aquifère à Darou est de plus en plus contaminée par l'eau de mer salée, réduisant son utilité pour l'industrie et l'agriculture.

Dans certains pays, l'industrie du phosphate a accompli un excellent travail de réduction de la quantité d'eau qu'elle prélève d'un aquifère en réutilisant environ 95% de son eau.

8.8 HABITAT AQUATIQUE

8.8.1 Barge

Impacts nuisibles

Le dragage du fleuve pourrait avoir un effet négatif sur les ressources halieutiques, tels que la Perche du Nil, le Tilapia et le Poisson-chat. Le trafic en barge pourrait aussi avoir un impact nuisible sur le Sanctuaire National de l'Avifaune du Djoudj. De novembre à avril, plus de trois millions d'oiseaux de plus de trois cents espèces, tels les grands flamants roses, les pélicans, les hérons et les spatules, passent par ce sanctuaire. Le Sanctuaire National de l'Avifaune du Djoudj, à quelques km de St. Louis, est l'un des plus importants sanctuaires d'oiseaux au monde.

Le long du littoral entre St. Louis et Dakar, le trafic en barge océanique pourrait éventuellement avoir un impact sur les oiseaux migrateurs tels que de nombreuses espèces d'échassiers et de sternes (Charadriiformes). Cette zone est dans le système de migration (trajectoire de vol) euro-africaine des oiseaux aquatiques. Les échassiers et les sternes migrent sur plus de 10.000 km deux fois par an sur cette route.

Mesures d'atténuation

Tout dragage du fleuve Sénégal à une profondeur de 2 mètres requerra une étude d'impact environnemental complète pour évaluer l'impact sur la vie aquatique du fleuve. Le trafic en barge le long du fleuve, en particulier en aval où le fleuve Sénégal est plus large et plus profond, pourra minimiser l'impact sur la vie aquatique en restant au centre du chenal, le plus éloigné possible des berges du fleuve.

Hors de la côte de St. Louis, les zones de pêche utilisées par les pêcheurs sont plutôt restreintes, et le trafic en barge océanique de St. Louis à Dakar devrait être en mesure d'éviter de telles zones pour ne pas nuire aux pêcheurs ou l'habitat aquatique local.

8.9 SOLS ET SEDIMENTS

8.9.1 Route et rail

Impacts nuisibles

Pendant et après la construction de routes et de voies ferrées, les terrassements auront un impact majeur sur l'érosion des sols. Un mauvais drainage de l'écoulement des eaux

de pluie venant des routes ou des voies ferrées peut aussi contribué à l'érosion au long terme. En particulier, la vitesse des eaux de ruissellement des routes est l'un des facteurs majeurs contribuant à l'érosion.

D'autres sources de pollution des sols peuvent comprendre :

- Le risque de déversement accidentel de produits dangereux de camions ou de wagons ;
- Des fuites d'hydrocarbures ;
- Des fuites d'huile et de graisse des équipements de construction.

Mesures d'atténuation

Un plan de gestion des déchets devrait être mis en place pour collecter, stocker et traiter les déchets, tels que les matériaux de construction, afin de ne pas affecter les conditions climatiques, le sol, la végétation et les ressources en eau dans le périmètre de la concession ferroviaire au-delà de ce qui est permis par la législation environnementale nationale et les normes internationales en la matière.

Les opérateurs de transport devront s'engager à éviter toute décharge de solutions ayant un taux de contaminant par litre qui est supérieur aux normes internationales. De plus, les métaux lourds entraînés par les décharges devront être précipités, récupérés et stockés dans les récipients appropriés pour destruction ultérieure dans un lieu convenable choisi de commun accord avec l'institution publique responsable de la protection de l'environnement. Il sera aussi évité toute décharge de solutions, de produits chimiques toxiques et de substances nocives dans le sol, dans l'air et dans les cours d'eau.

Les mesures suivantes peuvent contribuer à minimiser l'érosion des sols :

- La plantation d'arbustes et d'herbe ;
- Le damage des sols ;
- La construction de bermes et de digues.

8.9.2 Minéraloduc

Impacts nuisibles

Un minéraloduc aura un impact temporaire sur les sols car une petite tranchée devra être creusée pour enterrer le minéraloduc. L'impact devrait être limité, car le minéraloduc aura environ un demi-mètre de diamètre, et la même terre sera utilisée pour remblayer la tranchée.

Mesures d'atténuation

Une étude des caractéristiques des sols déterminera le degré de difficulté pour creuser la tranchée et permettra d'élaborer un circuit pour le pipeline qui minimise l'impact sur les sols locaux.

En outre, le minéraloduc sera à proximité d'une route existante, puisque les pompes doivent être régulièrement entretenues et que les équipes d'inspection auront besoin d'accéder au minéraloduc. La perturbation du sol sera par conséquent minimisée puisque la terre aura déjà été perturbée pour la construction de la route.

Impacts positifs

Dans la mesure où le minéraloduc est enterré, les perturbations du sol seront minimisées puisque le terrain est généralement remis dans sa condition originale. L'impact sur le sol est par conséquent moindre qu'avec une solution routière ou ferroviaire.

8.9.3 Barge

Impacts nuisibles

Le trafic en barge sur le fleuve Sénégal requerra un dragage de St. Louis à Matam à une profondeur de 2 mètres, y compris pendant la saison sèche. Les sédiments dragués pourraient contenir des contaminants avec des formes et des concentrations qui auraient un impact nuisible sur l'environnement.

Mesures d'atténuation

Une campagne de mesure et d'analyse permettra de tester le contenu des sédiments et d'identifier le niveau de toxicité.

8.10 VEGETATION

8.10.1 Route et rail

Impacts nuisibles

La construction de routes ou de voies ferrées peut conduire à une dégradation de la végétation telle que:

- La perte du couvert végétal et des arbres forestiers ;
- La perturbation et la perte des habitats pour la faune ;
- L'appauvrissement et la dégradation des sols ;
- La perturbation du paysage naturel.

Mesures d'atténuation

La plantation d'arbustes et d'herbe permettrait de réaménager les zones défrichées et de réduire l'érosion. La mise en place d'une couverture végétale réduira le risque d'érosion et d'instabilité des sols, tout en améliorant les aspects visuels des infrastructures de transport.

Impacts positifs

La réhabilitation des terres dégradées peut produire des avantages globaux pour la conservation de la biodiversité et peut permettre de diminuer le carbone en accroissant la biomasse et les matières organiques au sol.

8.10.2 Minéraloduc

Impacts nuisibles

La végétation sera peu perturbée le long de la tranchée creusée pour le minéraloduc.

Mesures d'atténuation

La végétation d'origine devrait être replantée le long du tracé de la tranchée du pipeline.

8.11 FAUNE

8.11.1 Route et rail

Impacts nuisibles

La route entre Matam et Tambacounda passerait à travers la limite externe de la Réserve de faune du Ferlo Sud. Malgré la dégradation de l'écosystème, plusieurs espèces animales sont toujours observées dans la réserve. Elles comprennent les autruches (les derniers du Sénégal), l'outarde d'Arabie, le kuiker de Grimm, la gazelle au front rouge, le guib, les patas, le porc-épic et l'aardvark. Pendant la construction de la route, il peut y avoir un impact nuisible sur l'environnement naturel et biologique par le bruit et les vibrations causées par les machines, les véhicules de chantier, les explosions dans les carrières, etc. Ces impacts peuvent affecter la paix et la tranquillité de la faune et provoquer leur déplacement vers des zones plus calmes.

Pendant la construction de la route, la présence de travailleurs sur le chantier du projet qui seraient tentés d'avoir recours à la viande sauvage comme complément alimentaire pourrait intensifier le braconnage, ce qui nuirait à la faune. Des feux de brousse pourraient par ailleurs être allumés par les populations de travailleurs temporaires.

Mesures d'atténuation

- Appliquer des mesures de prévention des feux de brousse et du braconnage ;
- Interdire la chasse et la consommation de viande sauvage ;
- Interdire le transport de viande sauvage par les véhicules de construction.

8.12 USAGE DES SOLS

8.12.1 Rail, route et minéraloduc

Impacts nuisibles

Pendant la période de construction, le mouvement de machines sur les chantiers routiers ou ferroviaires créait des émissions de gaz et de poussière, ce qui constitue une source d'impact sur l'environnement naturel. Ces émissions peuvent affecter la qualité de l'air, et la poussière sur les feuilles et les troncs d'arbres peut bloquer les mécanismes de photosynthèse des plantes.

La production de déchets dans les camps de travail, y compris les déchets humains, ainsi que la collecte de feu de bois pour la cuisson, peut aussi avoir un impact nuisible sur les zones avoisinantes.

Au long terme, des mesures d'expropriation seront éventuellement nécessaires pour libérer des terrains qui ne sont pas sous contrôle de l'Etat. Ceci peut avoir un impact nuisible sur les populations de villageois qui risqueraient de perdre des terres de culture. Sur l'ensemble des circuits proposés pour ce projet, le risque d'expropriation semble assez limité, car l'ensemble des terrains visés sont propriété de l'Etat sénégalais.

Mesures d'atténuation

L'arrosage des terres en zone de travail peut atténuer les émissions de poussière.

Si des camps de travail sont aménagés pendant la construction de la route, la collecte de bois devrait être contrôlée et du bois de cuisson pourrait être fournis par les sociétés de construction pour l'usage de leurs travailleurs.

La fourniture de poubelles, la collecte de déchets, et un dispositif sanitaire devrait permettre de réduire l'impact des déchets sur les sols.

La relocalisation des populations devra se faire de telle façon à donner aux populations locales la possibilité de lancer de nouvelles activités génératrices de revenu.

Impacts positifs

Une nouvelle route ou voie ferrée peut aussi avoir un impact positif sur l'usage des sols. Par exemple, la production agricole peut croître si l'infrastructure de transport offre un

meilleur accès aux marchés pour les productions agricoles, encourageant ainsi les villageois à planter plus.

8.13 ZONES PROTEGEES

8.13.1 Route et rail

Impacts nuisibles

Trois espèces végétales endémiques à la région de Ferlo sont répertoriées sur la liste rouge de l'Union internationale pour la Protection de la Nature et des Ressources naturelles (IUCN) : *Abutilon macropodum*, *Digitaria aristulata*, et *Nesaca dodecandra*. La construction de la route pourrait avoir un impact sur ces espèces végétales.

Mesures d'atténuation

Les sources éventuelles de poussière (tels les concasseurs, etc.) devront être installées au minimum à 500 m sous le vent de récepteurs sensibles. Nous recommandons d'autre part l'utilisation de brise-vents et d'équipements de contrôle de la poussière, ainsi qu'un arrosage régulier.

Si la route doit être construite dans cette zone, une évaluation complète de l'impact environnemental devra être faite.

8.13.2 Barge

Impacts nuisibles

Le parc national des oiseaux du Djoudj, classé site du Patrimoine mondial de l'UNESCO, est l'un des plus importants sanctuaires d'oiseaux du monde. De novembre à avril, environ trois millions d'oiseaux représentant plus de trois cents espèces passent par cette zone, tels les grands flamants roses, les pélicans, les hérons et les spatules. Un trafic fluvial plus important sur le fleuve pourrait éventuellement avoir un effet négatif sur ce sanctuaire.

Mesures d'atténuation

Une évaluation complète de l'impact environnemental devrait être faite si le fleuve était choisi comme mode de transport.

8.14 INFRASTRUCTURE LOCALE

8.14.1 Route

Impacts nuisibles

Les options routières auront un impact négatif sur l'infrastructure routière, à savoir :

- Une détérioration rapide des routes existantes causée par le trafic de poids lourds acheminant le minerai de phosphate ; les routes entre Matam et Kidira et Matam et Linguère (en construction) seraient particulièrement vulnérables. Une telle détérioration pourrait avoir un impact dramatique sur une région enclavée qui souffre de son isolement géographique et économique ;
- Des problèmes de congestion sur certains axes qui pourraient rendre plus difficile l'acheminement de produits locaux (surtout maraichers) vers les marchés urbains et le transport de passager ;
- Une augmentation des accidents de la route.

Mesures d'atténuation

Les mesures d'atténuation sont difficiles à envisager pour le transport routier, sauf éventuellement la construction d'une nouvelle route entre Matam et Tambacounda qui serait principalement dédiée au trafic phosphate. Cependant, il est à envisager que le trafic routier de marchandises et de passagers se développera éventuellement sur ce nouvel axe, créant les mêmes problèmes que sur les autres axes routiers.

La seule mesure d'atténuation possible serait de choisir un autre mode de transport pour le phosphate (rail ou minéraloduc) qui évite le réseau routier dans son ensemble.

Impact positif

Une des options routières proposée, la construction d'une route goudronnée de Matam à Tambacounda, est la seule option routière qui pourrait avoir un impact positif sur l'infrastructure locale. Aujourd'hui, Matam peut être reliée de Tambacounda par une piste en terre qui est difficile à suivre par endroit car elle est peu utilisée.

8.14.2 Rail

Impacts nuisibles

Le transport de phosphates sur la voie existante entre Tambacounda et Dakar pourrait accroître les problèmes de congestion si Mittal décidait en parallèle d'acheminer le minerai des mines de fer de la Falémé sur la même voie (plutôt que de construire une deuxième voie dédiée au transport de minerai). Ce risque de congestion sur le réseau

ferroviaire pourrait exister avec les principales options de transport par Kidira et par Tambacounda, y compris les options bimodales route/rail et minéraloduc/rail.

Mesures d'atténuation

Plusieurs mesures d'atténuation sont possibles :

- Améliorer la signalisation et créer des voies de dépassement et de croisement sur le tronçon existant entre Tambacounda et Dakar ;
- Encourager Mittal à choisir l'option de construire une voie ferrée parallèle entre Tambacounda et Diam-Niadio, évitant ainsi l'encombrement de cette ligne ;
- Choisir une des options septentrionales par Louga et Kébémér.

Impacts positifs

La construction d'une voie ferrée jusqu'à Matam permettrait de désenclaver une zone agricole qui jusqu'à là a été mal desservie par les infrastructures de transport. Cet impact positif doit être traité avec prudence, car l'expérience des transports à l'intérieur du Sénégal démontre que les marchandises et les passagers voyagent principalement par route et non par train. Le potentiel de désenclavement de la région de Matam par le réseau ferroviaire est donc possible, mais limité.

Un autre impact positif pourrait être la réhabilitation de la voie entre Thiès et St. Louis, mais il semble peu probable qu'un service passager régulier sera mis en place sur cette route. La réhabilitation de cette route septentrionale aura donc un impact minime sur les infrastructures nationales.

8.15 POPULATIONS LOCALES

8.15.1 Rail, route et barge

Impacts nuisibles

La construction de nouvelles infrastructures de transport, telles les routes, les voies ferrées et même les voies fluviales, entraîne souvent des flux migratoires de populations à la recherche d'opportunités économiques. La zone au sud de Matam est peuplée d'agriculteurs ayant immigré du Mali et de la Guinée. Ces flux migratoires peuvent avoir des effets déstabilisateurs sur les populations locales, surtout quand les ressources locales sont limitées.

Il existe d'autres défis liés aux projets d'infrastructure, y compris :

- L'assainissement et l'hygiène peuvent constituer un problème si les camps des ouvriers sont érigés. S'ils ne sont pas correctement réglés, les camps pourraient devenir des foyers de maladies telles que l'hépatite, la typhoïde, les parasites intestinaux, etc. ;

- Les infrastructures de transport peuvent être associées à l'augmentation des maladies sexuellement transmises telles que le SIDA à cause de l'afflux d'ouvriers, de conducteurs et de voyageurs en contact avec les populations locales ;
- Le déplacement de personnes venant de villages et même de pays voisins en quête d'emploi peut altérer l'équilibre socioculturel des communautés locales et altérer les valeurs coutumières et traditionnelles.

La construction d'une voie ferrée desservant Matam pourrait par ailleurs entraîner la délocalisation des populations proches des routes proposées, surtout le long de l'axe Matam/Kidira, ainsi que près des villes de Louga et Kébémér.

Mesures d'atténuation

Un programme de soutien aux populations locales, surtout pour le suivi socioculturel et le développement d'activités productrices liées aux améliorations de transport, pourra assurer des retombées économiques et sociales positives. De plus, des campagnes de sensibilisation sur les dangers des maladies sexuellement transmises et les mesures préventives pour contrer le SIDA pourront protéger les populations locales et transitoires.

En cas de relocalisation de populations dont les terres seraient nécessaires pour la construction d'infrastructure de transport, un programme devra être mise en place pour assurer un logement et des emplois adéquats.

Pendant la période de construction des infrastructures, des mesures comme la collecte de déchets et la construction de latrines pourront limiter les impacts nuisibles sur les populations locales.

Impacts positifs

Le Matam étant une région traditionnellement enclavée, l'amélioration des infrastructures routières et ferroviaires peut avoir un impact positif en facilitant l'accès de paysans aux marchés urbain pour les produits maraichers, les cultures, et autres productions agricoles. Cependant, il est à noter que les terres arables plus en aval de Matam n'ont pas pu être entièrement exploitées pour diverses raisons. Le développement économique de Matam ne pourra donc pas se faire automatiquement, mais demandera un travail approfondi de renforcement de capacité, de soutien technique et d'encadrement d'agences rurales de développement. Ces programmes permettront de mieux maîtriser le fort exode rural qui caractérise cette région.

9. TACHE 7 : ÉVALUATION DES IMPACTS SUR LE DEVELOPPEMENT

Le gouvernement du Sénégal a lancé un ambitieux programme de libéralisation économique conçu pour attirer les capitaux étrangers and pour améliorer la compétitivité des entreprises sénégalaises sur le marché international. Dans le secteur minier, l'Etat a ouvert le capital des Industries Chimiques du Sénégal à IFFCO, une coopérative indienne. Il a d'autre part annoncé le lancement prochain d'un concours pour l'attribution de la concession des mines de Matam. Dans le secteur ferroviaire, la société sénégalomaliennne Transrail assure l'exploitation du chemin de fer entre Dakar et Bamako.

L'Etat sénégalais a d'autre part lancé plusieurs grands chantiers pour améliorer les infrastructures du pays, y compris un port minéralier à Bargny, une nouvelle autoroute en partenariat public-privé pour désengorger Dakar, et un nouvel aéroport international à l'est de Dakar. Le projet de transport des phosphates de Matam s'inscrit donc dans cette logique de grands investissements en partenariat avec le secteur privé.

Ce chapitre aborde ainsi la façon dont ce projet:

- **Contribue** à l'amélioration des infrastructures physiques, financières et sociales du Sénégal;
- **Facilite** les reformes concernant les marchés au Sénégal;
- **Créé** de nouvelles opportunités d'emploi;
- **Introduit** une technologie avancée conduisant à une plus grande productivité économique ou une utilisation plus efficace des ressources.

9.1 CONTEXTE

La population du Sénégal, avec 8,5 millions d'habitants, croît à un taux annuel de 2,6% an. Plus de 40% de cette population vit dans des zones urbaines où la croissance est estimée à 5% par an.

Près de 45% de la population travaille, mais le niveau de sous-emploi peut atteindre jusqu'à 75% de la population. Le taux de chômage est estimé à 30%. Même avec la croissance du chômage urbain au Sénégal, ce fléau demeure essentiellement un phénomène rural. L'incidence de pauvreté reste importante, car 54% de la population vie avec moins de 1 \$ par jour. Le revenu par capita est estimé à 560 \$ par an.

La population du bassin du fleuve Sénégal est de 3,5 millions, dont 85% vit à proximité du fleuve. Une vaste diversité ethnique caractérise la population de ce bassin, avec entre autres, les Peuls, les Toucouleurs, les Soninkés, les Malinkés, les Bambaras, les Wolofs et les Maures. Il y a eu une émigration massive de la jeune génération vers les principales villes sénégalaises et vers l'Europe.

Les principales exportations du Sénégal sont le phosphate, l'arachide et le poisson. Ces trois produits de base représentent 60% des exportations totales. L'agriculture, qui est le cœur de l'économie sénégalaise, est le plus important secteur de l'activité économique. Elle contribue pour 17% au PIB et 21% des exportations, mais elle emploie plus de 50% de la population et absorbe environ 20% des terres.

En termes de revenus par rapport à la main d'œuvre qu'elle emploie, la pêche est la plus grande activité économique du bassin du fleuve Sénégal après l'agriculture, notamment pour les populations vivant à proximité du fleuve dans la vallée et le delta. Cependant, l'avenir de ce secteur est remis en question car le volume de pêche à travers la région de l'OMVS a fortement chuté depuis plusieurs années. Certains observateurs ont fait la liaison avec les projets de développement du fleuve (surtout barrages et digues) et leur impact sur l'environnement (importante baisse de la salinité, prolifération de plantes aquatiques nuisibles, etc.).

Selon certaines estimations, 33% de la population de pêcheurs dans le bassin du fleuve Sénégal étaient affectés par la schistosomiase en 2004. Au nord du Sénégal, une région qui ne connaissait pas la schistosomiase intestinale avant la construction du barrage de Diama en 1986, la quasi-totalité de la population était infectée en 1994. En outre, les cas de paludismes représentent 20%-45% des consultations médicales dans certaines zones du bassin, soulignant ainsi l'ampleur de l'incidence des maladies d'origines hydriques au sein des communautés locales et les éventuels obstacles qu'elles représentent pour le bien-être et la performance économique des populations.

9.2 INFRASTRUCTURE/INDUSTRIE

Dans la région de Tambacounda, à l'est du Sénégal, 85% des ménages qui y résident pratiquent l'agriculture. Le sous développement des infrastructures de transport est un goulot d'étranglement qui bloque l'extension des activités économiques des populations et l'amélioration de leur niveau de vie. Le résultat est une zone ayant un niveau de pauvreté plus élevé que la moyenne du Sénégal.

La région de Matam est fortement enclavée, et les liaisons de transport desservant le territoire sont limitées à une route longeant le fleuve Sénégal de St. Louis à Kidira. Une route en construction de Linguère à Matam (prévue pour 2008) permettra d'améliorer la liaison routière avec la ville de Dakar.

Le projet de transport des phosphates de Matam présente des possibilités pour améliorer les infrastructures desservant la région, que ce soit par une liaison ferroviaire, routière ou fluviale. Seul le minéraloduc offre des perspectives plus limitées de désenclavement de la région.

9.2.1 Route

La construction d'une nouvelle route entre Matam et Tambacounda qui sera utilisable toute l'année aurait un grand impact sur la population de cette région. Les éventuels bénéfices sont:

- Un meilleur accès aux marchés et services sociaux, dont les centres d'éducation et de santé ;
- Des temps et coûts réduits du transport ;
- Une sécurité et des emplois améliorés grâce à l'extension du réseau ;
- La réhabilitation des infrastructures.

Les hommes et les femmes profiteraient de l'expansion du réseau routier : pour les hommes, l'accès à l'emploi et aux activités génératrices de revenus ; pour les femmes, l'avantage serait plus subtil. Les femmes jouent un rôle important dans le foyer, et elles peuvent passer jusqu'à 60% de leur temps à des tâches domestiques comme la recherche de l'eau et la collecte de feu de bois qui implique une forme de transport.

Par un effet de levier, la construction de routes encourage la promotion d'activités économiques rémunératrices aux niveaux local, régional et national. Cependant, si l'option routière est choisie, la construction de la route et le logement temporaire des travailleurs nécessitera l'accès à des terrains, d'où le besoin de prendre soin de relocaliser les populations déplacées.

9.2.2 Rail

Un service ferroviaire amélioré pourrait remplacer les camions comme principal moyen de transport de marchandises venant du bassin du fleuve Sénégal. Les produits agricoles périssables, tels que les fruits (mangues, etc.) et les légumes divers, pourraient éventuellement transiter par le train pour atteindre les marchés urbains. A l'instar de l'option routière, une nouvelle voie ferrée pourrait nécessiter la délocalisation de populations avoisinantes.

L'option ferroviaire pourrait offrir un itinéraire direct pour acheminer les produits agricoles sur Dakar, bien que la nouvelle route en construction de Linguère à Matam offre des possibilités de liaison routière qui soit beaucoup plus direct que l'itinéraire actuel qui longe le fleuve Sénégal et passe par St. Louis ou Kidira.

9.2.3 Barge

L'aménagement du fleuve Sénégal pour draguer un chenal régulier et permettre la navigation de convois fluviaux importants de St. Louis à la frontière malienne est une grande ambition de l'OMVS, mais le coût élevé de ce projet reste un obstacle jusqu'à maintenant infranchissable. L'OMVS vient plus récemment de lancer un programme

d'aménagement pour la petite navigation, y compris le balisage et l'aménagement de quais.

Selon notre analyse, le projet de transport des phosphates de Matam ne pourra contribuer qu'une partie des coûts d'aménagement du fleuve, et il semble incertain qu'un autre investisseur se présente pour compléter le reste du financement. Sur la rive droite du fleuve, les autorités mauritaniennes ont lancés une étude de faisabilité pour une ligne ferroviaire qui desservirait leur gisement de phosphate. Cette initiative réduit fortement la probabilité que le concessionnaire éventuel du gisement mauritanien choisisse une option fluviale.

9.2.4 Minéraloduc

Le minéraloduc, puisqu'il est souterrain, sera dédié au transport du phosphate et ne fournira pas les mêmes opportunités de retombées économiques que les autres options de transport.

9.3 REFORME DE MARCHE

Le gouvernement sénégalais s'est engagé sur la voie de l'ouverture économique et des partenariats publics/privés pour attirer les investisseurs étrangers et relancer les entreprises sénégalaises. Le secteur ferroviaire, par exemple, est ouvert aux opérateurs privés, et le concessionnaire de la mine de Matam aura l'option d'exploiter ses propres convois ferroviaires sur le réseau national (soumis aux conditions d'exploitation qui sont explicitées dans le chapitre sur le cadre réglementaire) ou d'engager les services de transport du concessionnaire national.

La réforme de marché qui est engagée au Sénégal vise à combattre la pauvreté et à créer des opportunités de revenus. Cela permettra à l'Etat de combattre les multiples fléaux de l'analphabétisme, du manque de soins médicaux, de l'isolation politique et de l'exclusion sociale des régions rurales.

Une bonne politique des transports peut contribuer à réduire la pauvreté dans toutes ces dimensions tout en stimulant le développement économique et social. La politique des transports du Sénégal a comme principal objectif « la promotion d'une économie compétitive pour atteindre le développement humain durable en mettant un accent particulier sur le besoin d'avoir des infrastructures capables de soutenir les activités de production de façon efficace ».

Le projet de transport des phosphates de Matam permettra ainsi au gouvernement d'attirer les investissements privés dans le secteur minier sénégalais et d'assurer une répartition plus équitable des retombées économiques dans une des régions les plus pauvres du Sénégal.

9.4 RENFORCEMENT DES CAPACITES

9.4.1 Route

Au long terme, les options de transport par route présentent le plus fort potentiel de création d'emplois au long terme car des conducteurs seront nécessaires pour conduire les poids lourds et des mécaniciens pour assurer la maintenance. Des opportunités indirectes pourraient provenir des petits commerces au bord des routes destinés à l'attention des conducteurs et des passagers sur la nouvelle route.

Il y aura aussi des opportunités d'emplois de main d'œuvre qualifiée et non qualifiée pour la construction et l'entretien des routes. Une formation sur la réglementation du travail et les mesures de sécurité sera nécessaire pour renforcer leur respect. Le personnel de travail devra recevoir des équipements de protection tels que des gants, des casques, des masques à poussière, des protections pour les oreilles, des extincteurs, etc.

La construction de route étant bien maîtrisée par les entreprises locales, le seul renforcement de capacité qui pourrait être nécessaire vise la formation des conducteurs pour la conduite de poids lourds chargés de minerai, surtout sur les questions de sécurité et de respect du code de la route.

9.4.2 Rail

Le rail viendrait en **deuxième** position pour le nombre d'emplois créés. Les besoins en formation du personnel ferroviaire seront limités, car le transport ferroviaire est une compétence bien maîtrisée au Sénégal. Tout au plus, des formations seront nécessaires sur le chargement et le déchargement des tombereaux de train, la sécurisation du chargement, et le contrôle des émissions de poussière phosphatique.

9.4.3 Barge

L'option fluviale est en **troisième** position pour le nombre d'emplois créés. L'exploitation de convois fluviaux (pousseur accompagnés de cinq barges) est une compétence nouvelle au Sénégal, car le trafic de fret sur le fleuve est actuellement limité. Une formation sur les opérations fluviales, comme la conduite de grands convois fluviaux dans un chenal balisé et par une écluse, permettra de créer un corps professionnel de conducteurs de pousseurs au Sénégal.

9.4.4 Minéraloduc

L'option par minéraloduc créera le nombre d'emplois permanents le plus limité, mais il demandera le plus de nouvelles compétences techniques. Comme noté précédemment, la conception et la construction d'un minéraloduc exigent des compétences précises qui se trouveront principalement dans des bureaux d'étude américains et européens.

L'exploitation et la maintenance du minéraloduc, qui seront vraisemblablement assurées par une entreprise sénégalaise, demanderont des formations pointues dans les techniques de broyage, de préparation de la pulpe, de pompage, de canalisation, de déshydratation et de séchage. De plus, le phosphate issu du minéraloduc aura été broyé jusqu'à 40 microns, ce qui demandera une formation spécialisée dans la gestion de la poussière de phosphate, surtout si un terminal de transfert est proposé pour transférer le minerai du minéraloduc au train.

9.5 TRANSFERT DE TECHNOLOGIE ET AMELIORATION DE LA PRODUCTIVITE

9.5.1 Route et rail

Le transfert de technologie sera limité en cas de construction d'une nouvelle route ou d'une nouvelle voie ferrée. Tout au plus, la réhabilitation de la voie ferrée de Tambacounda à Diam-Niadio apportera de nouvelles techniques d'exploitation de voie ferrée pour accepter de lourds wagons chargés de minerai.

La construction d'une nouvelle route de Matam à Tambacounda ou l'installation d'une nouvelle ligne ferroviaire fournira un droit de passage pour des lignes d'électricité et de télécommunications. Ces lignes n'apporteront pas qu'un meilleur niveau de vie pour les populations de la zone mais peuvent aussi ouvrir la région pour un plus grand développement économique.

9.5.2 Barge

Il y aura peu d'opportunités de transfert de technologie avec l'option fluviale. Cependant, le réaménagement du fleuve Sénégal pour permettre la navigation de convois fluviaux sur 12 mois de l'année jusqu'à Matam pourrait entraîner le redéveloppement économique du fleuve Sénégal. A ce stade, il est douteux que la justification économique existe pour des travaux d'une telle ampleur.

9.5.3 Minéraloduc

La conception et la construction d'un minéraloduc impliquera un petit groupe d'ingénieurs et de techniciens hautement qualifiés. Les fabricants d'équipement étrangers fourniront vraisemblablement le personnel technique pour la phase de construction. Les bureaux d'étude américains sont bien positionnés pour les projets de conception de minéraloduc, car cette technologie est fréquemment utilisée pour les projets miniers aux Etats-Unis.

Pour le Sénégal, la phase d'exploitation du minéraloduc demandera le transfert de technologie pour les différentes compétences nécessaires (broyage jusqu'à 40 microns, pompage, déshydratation, séchage, etc.). Les fournisseurs d'équipement pourront offrir des formations spécialisées, y compris pour le suivi et le contrôle des opérations d'un minéraloduc.

10. TACHE 8 : FOURNISSEURS

Dans ce chapitre, nous présentons la liste des sociétés américaines qui peuvent fournir des prestations et des équipements pour les différentes options de transport, ainsi que les coordonnées des responsables à contacter.

Les règles de passation des marchés de travaux et de fournitures seront librement arrêtées par le concessionnaire ferroviaire avec les exceptions suivantes :

- Les marchés dont le financement est fait à partir de fonds prêtés par des bailleurs de fonds qui imposent des règles spécifiques concernant la passation des marchés par un emprunteur ;
- Les marchés financés par l'Etat du Sénégal pour lesquels les règles de passation des marchés publics s'appliquent.

10.1 TRANSPORT FERROVIAIRE

10.2 TRANSPORT ROUTIER

10.3 TRANSPORT FLUVIAL

10.4 TRANSPORT PAR MINERALODUC

Les sociétés américaines ont fortement contribué au développement de minéraloducs de grand gabarit. De nos jours, les multinationales d'ingénierie comme Bechtel utilisent principalement de sous-traitants. Ainsi, nous avons préféré mentionner les sociétés qui travaillent directement dans ce secteur.

Tous les fabricants de pompes et les groupes d'ingénierie ont leur propre laboratoire d'essai ou ont accès à des laboratoires réputés. Les sociétés mentionnées ci-dessous ont l'expertise nécessaire pour les études techniques d'analyse hydraulique et rhéologique de la pulpe.

Nom de la société	Point de contact	Commentaire
Conception de systèmes de pompage		
Amec E & C Services	M. Bill Tilley Phoenix, AZ	
Pipeline Systems Inc (PSI)	Concord, CA	
Behrent Engineering	M. Doug Armstrong Golden, Colorado	
Penta Engineering	M. Edgar Buehler St. Louis, MO	
Fourniture de systèmes de pompage		
Georgia Iron Works	M. Charles Goehring Tucson, AZ	Principal fournisseur de systèmes de pompage aux ICS à Darou. De bonnes capacités d'essai et de soutien technique.
Weir Mineral Processing Products	M. Jim Metsa Parker, Colorado	Société américaine (groupe australien) avec une usine de fabrication à Madison, Wisconsin, USA
Metso Minerals	M. Bill Schlittler Colorado Springs, Colorado	Société américaine (groupe finlandais) avec de multiples usines de fabrication aux USA
Centres d'analyse et de vérification		
Hazen Research Institute	M. Nick Hazen Golden, Colorado	
Pocock Engineering	M. Ben Pocock Salt Lake City, UT	

Tableau 10-4 : Liste des sociétés américaines spécialisées dans les minéraloduc

11. TACHE 9 : PLAN DE MISE EN ŒUVRE

11.1 INTRODUCTION

Ce chapitre présente un plan de mise en œuvre pour la réalisation d'une nouvelle voie ferrée reliant Matam à Tambacounda (option F2), solution qui a été identifiée dans notre sommaire exécutif comme celle présentant les meilleures caractéristiques techniques, financières, opérationnelle, réglementaires et politiques.

La réalisation d'une connexion ferroviaire ininterrompue de Matam au futur port minéralier de Bargny peut être divisée en trois parties, dont l'une d'entre elle seulement est véritablement du ressort du projet des phosphates de Matam :

- **Tronçon 1 de Matam à Tambacounda** : la desserte du gisement de phosphates de Matam est la principale raison pour la construction de ce tronçon, bien que le gouvernement garde l'espoir que d'autres services ferroviaires puissent être offerts à terme sur cette ligne.
- **Tronçon 2 de Tambacounda à Diam-Niadio** : comme nous l'avons décrit précédemment dans ce rapport, deux options se présentent pour la société d'exploitation de Matam :
 - Utilisation d'une nouvelle voie ferrée à écartement standard que Mittal construirait pour desservir la mine de fer de la Falémé (Projet Scénario A pour Mittal) ;
 - Utilisation de la voie ferrée existante à écartement millimétrique sous concession de Transrail que Mittal réhabiliterait (Projet Scénario B pour Mittal) ;
- **Tronçon 3 de Diam-Niadio au port de Bargny** : selon la convention ferroviaire signée entre l'Etat du Sénégal et Mittal Steel Holdings, Mittal est responsable de la construction de cette bretelle reliant le port au réseau ferroviaire national. Ce tronçon serait d'un écartement millimétrique ou standard selon le scénario retenu pour le tronçon 2.

Le plan de mise en œuvre s'intéresse donc plus particulièrement à la réalisation du tronçon 1, puisque la construction de ce tronçon est directement motivée par le développement de la mine de Matam. Certains détails de tronçons 2 et 3, en particulier les aspects techniques et le calendrier de réalisation, auront un impact direct sur le transport des phosphates par chemin de fer.

Ce chapitre est divisé en deux parties :

- Principales étapes du plan de mise en œuvre ;
- Echancier prévisionnel de réalisation.

11.2 PRINCIPALES ETAPES DU PLAN DE MISE EN OEUVRE

Cette section décrit les principales activités nécessaires pour le montage institutionnel, la planification, la conception, le financement, la construction, la construction et la maintenance du réseau de transport. Ces activités sont réparties sur 4 ans, durée typique pour un projet ferroviaire de cette ampleur.

11.2.1 Activités de l'an 1 du projet

Activités réglementaires et institutionnelles

Dans le cadre ce projet, la société d'exploitation de Matam pourra avoir plusieurs casquettes juridiques : (i) concessionnaire de transport ferroviaire pour le tronçon 1 (Matam/Tambacounda) ; (ii) exploitant de transport ferroviaire pour les tronçons 2 et 3 (Tambacounda/Bargny). Les actions réglementaires et institutionnelles à envisager sont les suivantes :

- **Signature d'une convention ferroviaire** : Cette convention entre l'Etat du Sénégal et la société d'exploitation de Matam définira les conditions générales, juridiques, financières, fiscales, économiques administratives et sociales particulières dans lesquelles la société d'exploitation concevra, développera, financera, construira, exploitera, maintiendra et transférera les installations ferroviaires sur le réseau ferroviaire concédé (tronçon 1).
- **Attribution d'une licence d'exploitation de transport ferroviaire** : Cette licence, délivrée par l'Etat du Sénégal à la société d'exploitation de Matam, lui permettra d'exploiter des services ferroviaires sur le réseau ferroviaire d'un tiers (tronçons 2 et 3).
- **Etablissement d'une société d'infrastructure** : La société d'exploitation de Matam devra créer une société d'infrastructure ferroviaire qui sera responsable de la conception, le financement, la construction, l'exploitation et la maintenance du réseau ferroviaire reliant Matam à Tambacounda.

Aspects techniques et opérationnels

- **Réalisation d'un Avant-projet Détaillé (APD)** : Etudes techniques qui permettront de définir les aspects techniques du projet, y compris :
 - Etudes géologiques et topographiques ;
 - Finalisation du tracé pour la voie ferrée ;
 - Plan d'ingénierie (qui ne pourra être réalisé qu'après finalisation de l'étude de pré-faisabilité de Mittal qui doit déterminer en particulier l'écartement de la voie ferrée qui reliera la mine de fer de la Falémé avec le future port minéralier de Bargny) ;

- **Négociations pour l'acquisition de terrains :** L'ensemble des terrains visés appartenant à l'Etat sénégalais, les procédures d'acquisition des terrains nécessaires pour la construction de la voie ferrée, des terminaux de chargement et de déchargement, et des infrastructures annexes seront donc principalement avec un seul interlocuteur.

Activités financières

- **Préparation d'un budget prévisionnel :** Le Concessionnaire préparera un budget prévisionnel et un échéancier d'amortissement pour les investissements proposés, y compris les infrastructures ferroviaires (terrassement, ballast, rail, etc.), le matériel roulant (locomotives, wagons, etc.), et les terminaux et les équipements de chargement et de déchargement des phosphates (entrepôts, pelleuses, etc.).
- **Préparation d'un plan de financement :** Le plan présente les modalités envisagées pour le financement du projet, y compris le financement sur fonds propres, les crédits commerciaux, le financement de bailleurs de fonds, etc.
- **Mobilisation du financement :** A partir du plan de financement et du budget prévisionnel, le financement externe du projet (autre que le financement sur fonds propres) pourra être mobilisé au fur et à mesure des besoins du projet.

Gestion de projet

- **Préparation d'un plan de suivi de projet et de mise en œuvre :** ce plan permettra au concessionnaire ferroviaire d'organiser et de suivre les différentes activités du projet, y compris la supervision des études, le suivi de chantier, et la revue des contrats de fourniture des équipements et de matériel.

Aspects environnementaux

La société d'exploitation de Matam, en tant que concessionnaire ferroviaire, devra s'engager à respecter les dispositions législatives et réglementaires relatives à la protection de l'environnement.

- **Préparation d'une Etude d'Impact sur l'Environnement (EIE) :** L'EIE désigne l'ensemble des études préalables à la réalisation du projet d'aménagement, d'ouvrage, d'équipement, d'installation et d'exploitation du projet ferroviaire permettant d'apprécier les conséquences directes et/ou indirectes sur les milieux naturel et humain.

11.2.2 Activités de l'an 2 du projet

Activités réglementaires et institutionnelles

- **Signature d'une convention d'utilisation des infrastructures ferroviaires :** Cette convention entre la société d'exploitation de Matam et les opérateurs ferroviaires concernés (Transrail et/ou Mittal) permettra à la société d'exploitation, en tant qu'opérateur de transport ferroviaire, d'utiliser les infrastructures d'un réseau ferroviaire concédé à un tiers (tronçons 2 et 3).

Aspects techniques et opérationnels

- **Appel d'offres pour les travaux d'ingénierie :** Sélection de l'entreprise d'ingénierie qui sera responsable de la construction de la voie ferrée reliant Matam à Tambacounda, y compris les travaux de terrassement et l'installation du ballast, des rails et des traverses.
- **Réalisation des travaux d'ingénierie :** Suite à la sélection de l'entreprise d'ingénierie, lancement et réalisation des travaux de construction de la voie ferrée.
- **Elaboration des spécifications du matériel roulant :** Définition des caractéristiques techniques et de la quantité de matériel roulant recherché.
- **Appel d'offres et commande du matériel roulant :** Sélection des fournisseurs de locomotives, wagons et autre matériel roulant. Cette activité permettra au concessionnaire ferroviaire de placer la commande auprès des fournisseurs et ainsi de garantir la disponibilité des équipements ferroviaires au temps voulu.

Activités financières

- **Mobilisation du financement :** Le financement externe du projet (autre que le financement sur fonds propres) continu d'être mobilisé par tranche.

Aspects environnementaux

- **Préparation d'un Plan d'Action environnemental (PAE) :** Suite à l'EIE, le PAE précisera les actions nécessaires pour assurer la conformité du projet ferroviaire et de l'exploitation du matériel roulant avec la réglementation en vigueur.
- **Elaboration d'un plan de relocalisation des populations :** Suite aux négociations foncières avec l'Etat sénégalais, un plan de relocalisation des populations qui seront affectées par la voie ferrée devra être élaboré.

11.2.3 Activités de l'an 3 du projet

Aspects techniques et opérationnels

- **Elaboration des spécifications des systèmes de signalisation et de communication** : Définition des caractéristiques techniques des systèmes de signalisation et de communication qui devront être compatibles avec les systèmes du réseau ferroviaire desservant Tambacounda/Bargny (tronçons 2 et 3).
- **Appel d'offres et commande des systèmes de signalisation et de communication** : Sélection des fournisseurs.
- **Elaboration des spécifications des machines** : Définition des caractéristiques techniques et de la quantité des machines (tracteurs, pelleteuses, tombereaux, etc.) et des équipements (tapis roulant, entrepôt couvert, etc.) pour le chargement du phosphate dans les wagons.
- **Appel d'offres et commande des machines** : Sélection des fournisseurs.
- **Elaboration d'un programme de maintenance** : Un plan d'entretien et de maintenance de la voie ferrée et du matériel roulant permettra de préciser le parc de pièces de rechange à stocker au Sénégal.

Aspects environnementaux

- **Relocalisation des populations limitrophes** : Suite à l'élaboration d'un plan de relocalisation, les populations limitrophes seront resituées sur de nouveaux terrains leur permettant d'engager des activités rémunératrices, si possible.

11.2.4 Activités de l'an 4 du projet

Aspects techniques et opérationnels

- **Réception et vérification des travaux d'ingénierie** : Des tests de validation permettront de vérifier les détails de la construction de la voie ferrée, des ouvrages d'art, etc.
- **Réception, installation et vérification des systèmes de signalisation et de communication** : Des tests de validation, y compris des tests d'interopérabilité avec les autres réseaux ferroviaires, permettront de confirmer les performances techniques des systèmes.
- **Mise en service des systèmes de signalisation et de communication** : Suites aux tests de validation et d'interopérabilité, les systèmes de signalisation et de communication pourront être mis en service.
- **Réception, assemblage et vérification du matériel roulant** : Des tests de validation permettront de confirmer les performances techniques des locomotives, des wagons et autre matériel roulant.

- **Mise en service du matériel roulant** : Suite aux tests de validation, le matériel roulant pourra être mis en service sur la nouvelle voie ferrée.
- **Réception, assemblage et mise en service des machines** : Après vérification sommaire, mise en service des machines (tracteurs, pelleteuses, tombereaux, etc.) et des équipements (tapis roulant, entrepôt couvert, etc.) pour le chargement du phosphate dans les wagons.

Aspects environnementaux

- **Relocalisation des populations limitrophes** : Suite à l'élaboration d'un plan de relocalisation, les populations limitrophes seront resituées sur de nouveaux terrains leur permettant d'engager des activités rémunératrices, si possible.

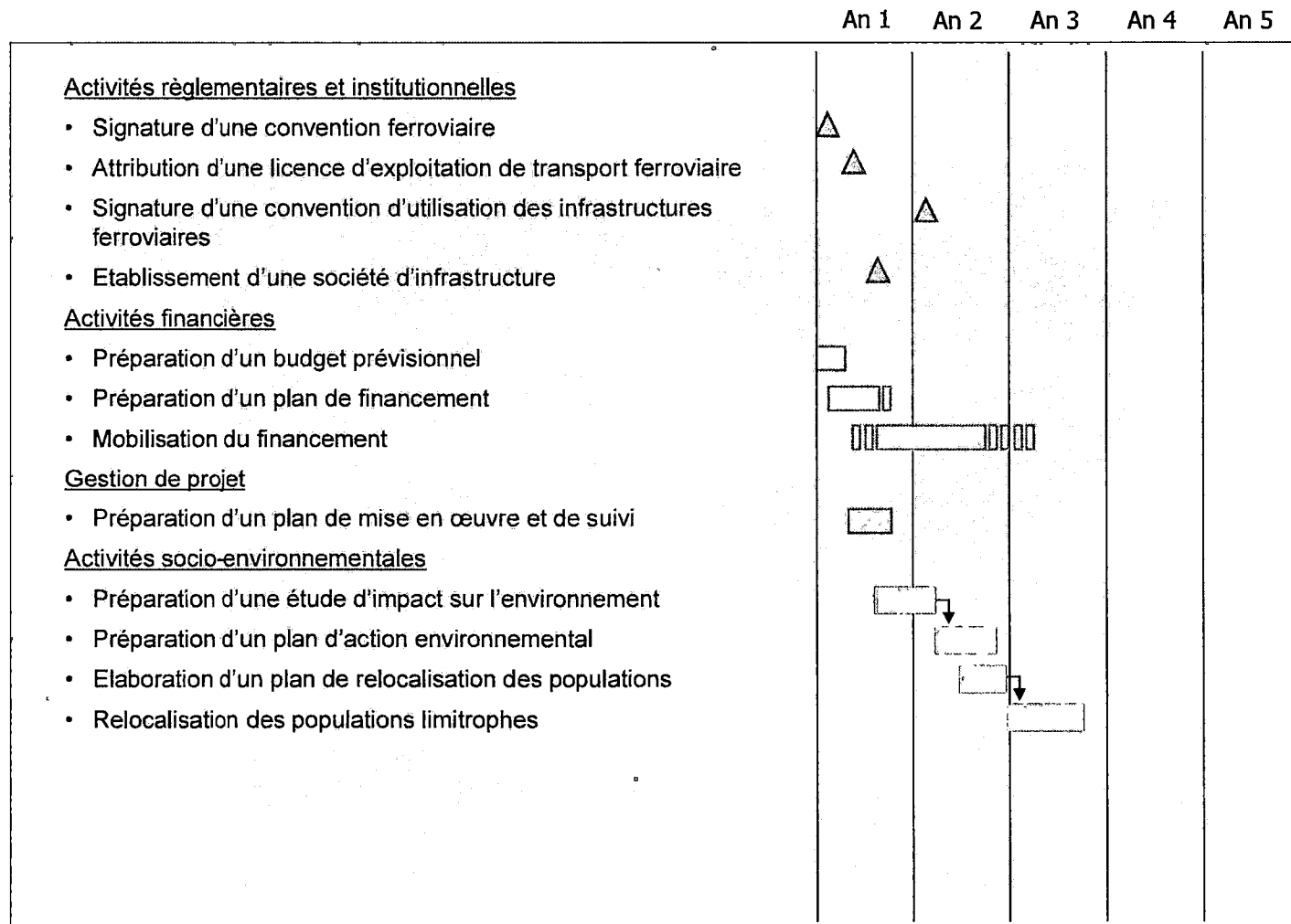
11.2.5 Activités de l'an 5 du projet

Aspects techniques et opérationnels

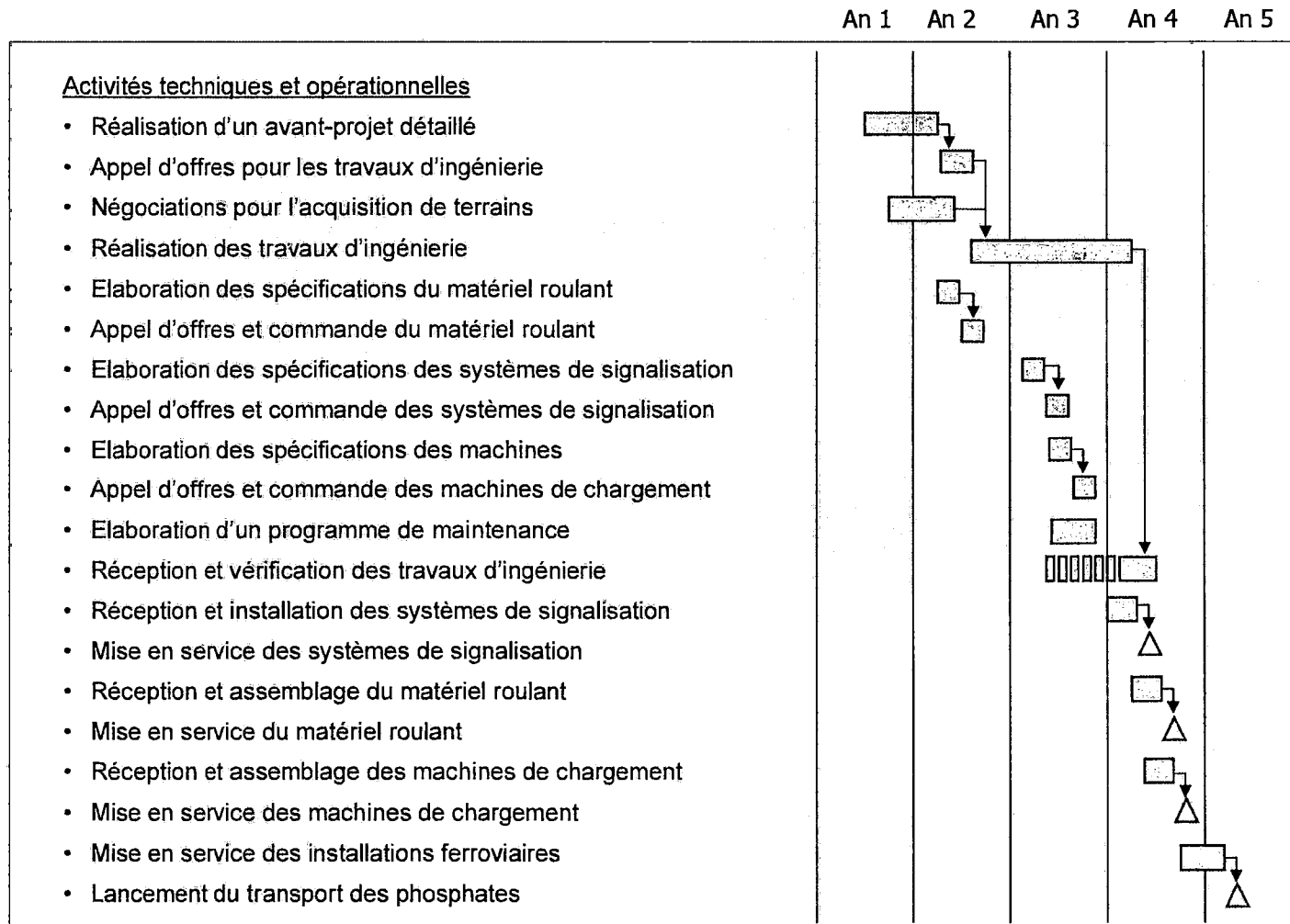
- **Mise en service des installations ferroviaires** : Après validation de la voie ferrée, du matériel roulant et des systèmes de signalisation et de communication, mise en service de la voie ferrée.
- **Lancement du transport de phosphates** : Après négociations avec le concessionnaire ferroviaire pressenti (Transrail ou Mittal), le transport des phosphates de Matam vers le futur port minéralier de Bargny et/ou l'usine d'acide phosphorique des ICS à Darou peut être lancé.

11.3 ECHEANCIER PREVISIONNEL DE REALISATION

Les deux tableaux suivants présentent un échéancier prévisionnel de réalisation sous forme graphique pour la construction du tronçon ferroviaire de Matam à Tambacounda.



Graphe 11-1 : Echancier prévisionnel de réalisation (1^e partie)



Grphe 11-1 : Echancier prévisionnel de réalisation (2^e partie)

12. ANNEXE A: MANUEL D'UTILISATION POUR LE MODELE DE TRANSPORT

Ce chapitre présente le manuel d'utilisation du modèle de transport qui a été fourni à la DMG. Il est divisé en cinq parties :

- Aperçu du modèle ;
- Données du modèle de transport ferroviaire ;
- Données du modèle de transport routier ;
- Données du modèle de transport fluvial ;
- Données du modèle de transport par minéraloduc.

12.1 APERÇU DU MODELE

12.1.1 Objectifs

L'objectif du modèle est de permettre une évaluation des coûts de transport du projet des phosphates de Matam et de choisir la solution avec le meilleur rapport efficacité/prix. Les coûts de transport de ce gisement sont relativement élevés car Matam se situe au nord-est du pays dans une région mal desservie par les infrastructures de transport. Bien que le fleuve Sénégal soit à proximité, les coûts d'aménagement élevés pour permettre la navigation pérenne nous encourage à considérer tous les modes de transport possibles, y compris des modes hybrides route/rail, minéraloduc/rail ou barge/rail.

Les estimations financières ont été actualisées sur l'année 2008, année de référence du projet, selon le concept de valorisation du coût de l'argent dans le temps (« time-value of money »). Un taux d'escompte de 9% a été choisi.

Le modèle présente les résultats pour chaque année, y compris les coûts fixes d'investissement et les coûts variables annuels d'exploitation. Chaque option, y compris les options hybrides route/rail, barge/rail et minéraloduc/rail, ont leurs propres coûts d'investissement et d'exploitation.

Les coûts d'exploitation sont calculés à partir des données typiques pour les modèles de transport, tel le volume de minerai, le nombre de jours d'exploitation, la capacité des véhicules, la distance à parcourir, etc. La relation entre ces différentes données est présentée dans le modèle. Le modèle est composé de trois fichiers pratiquement identiques, mais pour des volumes de transport différents : 1.0 Mt, 1,5 Mt et 2,0 Mt par an.

Un des éléments clés pour maîtriser les coûts de transport est l'utilisation intensive des infrastructures et des équipements de transport. Notre approche logique utilise le concept d'un grand cercle : d'un côté du cercle, nous trouvons le terminal de chargement ; de

l'autre, le terminal de déchargement. Entre les deux, les équipements de transport doivent compléter un cycle aller-retour, en partie chargé et en partie à vide.

Nous ne cherchons pas forcément le cycle le plus rapide, mais celui qui est le plus économe et pérenne sur une période de 20 à 30 ans. Pour chaque option de transport, nous présentons les résultants suivants (actualisé sur la première année de référence du projet) :

- Coût d'investissement total
- Coût d'investissement par tonne
- Coûts d'exploitation
- Coûts d'exploitation par tonne
- Coût total par tonne

12.1.2 Durée prévisionnelle du modèle

La conception du modèle doit bien évidemment prendre en compte la durée de vie qui est anticipée pour le projet. Nous savons que les réserves prouvées du gisement phosphatique de Matam tournent aux alentours de 40 Mt, mais cette estimation a été réalisée à partir de tranchées creusées à la main et dont la profondeur a été limitée par la nappé phréatique peu profonde. Ainsi, il est difficile de se prononcer avec exactitude sur les réserves dont les estimations ont été plafonnées par la méthode de recherche plutôt que par des limites physiques. Les observations de nos experts sur le site des gisements nous encourage à penser que des gisements supplémentaires seraient disponibles, sujet à une validation par des forages exploratoires.

Selon les termes de référence de l'étude, le scénario de base suppose un volume de 1,5 Mt de phosphates par an, et une durée d'exploitation allant de 20 à 30 ans. Nous avons construit le modèle en estimant la période d'exploitation à 30 ans pour tous les scénarios, ce qui nous permet de prendre en compte les réserves additionnelles si elles venaient à être prouvées. Ainsi, le scénario de base (1,5 Mt/an) nous donne un volume total de 45 Mt sur 30 ans, soit 5 Mt de plus que les réserves prouvées. A l'inverse, si nous nous étions limités à 20 ans, le scénario de base nous aurait donné un volume total de 30 Mt sur 20 ans, soit 10 Mt de moins que les réserves prouvées.

Nous avons donc utilisé une durée prévisionnelle de 30 ans pour les trois scénarios, ce qui nous donne les volumes suivants :

	Volume annuel	Volume total sur 30 ans
Scénario conservateur	1 Mt	30 Mt
Scénario de base	1,5 Mt	45 Mt
Scénario optimiste	2 Mt	60 Mt

Nous avons par ailleurs supposé une période progressive de démarrage du projet comme suit :

Année du projet	1	2	3	4
Taux de production	0%	20%	53%	100%

Après discussion avec la Direction des Mines et de la Géologie, nous avons imputé 1% de perte pour cause de déversement et d'érosion, ce qui nous donne un scénario de base de 44,2 Mt dans le modèle (45 Mt moins les pertes et la période de démarrage).

Dans le rapport lui-même, nous avons calculé le coût d'investissement par tonne livrée à partir d'un volume total de 40 Mt (dans le scénario de base) pour que nous restions en adéquation avec les termes de référence. Le modèle lui-même montre le résultat pour les deux hypothèses : 40 Mt (durée du projet de 27,7 ans) et 44,2 Mt (durée de projet de 30 ans). Cette différence ne change matériellement le calcul du coût d'exploitation par tonne.

12.2 DONNEES DU MODELE DE TRANSPORT FERROVIAIRE

Les données du modèle pour le transport ferroviaire sont les suivantes :

- **Nouvelle voie ferrée** : Distance, en kilomètre, de la nouvelle voie ferrée à construire ;
- **Voie ferrée réhabilitée** : Distance, en kilomètre, de la voie ferrée existante à réhabiliter ;
 - La voie ferrée entre Dakar et Bamako ne peut accepter qu'une charge maximale de 17 tonnes par essieu. Pour permettre le passage de wagons de minerai (charge moyenne de 22 tonnes par essieu), il faudra remplacer le rail existant (36 kg le mètre) avec un rail plus lourd (54 ou 60 kg le mètre) et refaire une partie du ballast. Le même travail de réhabilitation sera nécessaire pour la voie ferrée desservant St. Louis qui est aujourd'hui hors service.
- **Coût par km, nouvelle voie ferrée** : Coût de construction pour un kilomètre de voie ferrée dans la région de Matam. Ce chiffre a été fourni par Transrail et validé avec d'autres projets ferroviaires miniers, par exemple au Brésil. Le coût de construction est estimé à 700.000 \$/km, chiffre qui est inférieur de 100.000 \$/km aux estimations de Mittal pour la voie ferrée qui desservira la mine de fer de la Falémé. La région au sud-ouest du Sénégal est en effet plus vallonnée que la région de Matam et demandera donc plus d'ouvrages d'art.
 - **Option F1 (rail/rail par Kidira)** : Nous avons supposé que la société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de la voie ferrée pour le tronçon Kidira/Tambacounda.

- **Option F3** (rail/rail par Louga) : Nous avons supposé que la société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de la voie ferrée pour le tronçon Louga/Diam-Niadio.
- **Option F4** (rail/rail par Kébémér) : Nous avons supposé que la société d'exploitation de Matam assume 100% du coût de réhabilitation de la voie ferrée pour le tronçon Kébémér/Diam-Niadio.
- **Coût par km, voie ferrée réhabilitée** : Coût de réhabilitation d'un kilomètre de voie ferrée existante, estimé à 425.000 \$/km selon Transrail.
 - **Option F1** (rail/rail par Kidira) et **F2** (rail/rail par Tambacounda) : Nous avons imputé 20% du coût de réhabilitation du tronçon Tambacounda/Diam-Niadio à la société d'exploitation de Matam. En effet, pour les besoins du modèle, nous avons supposé que le coût de réhabilitation serait partagé avec le concessionnaire des mines de fer de la Falémé (Mittal) à partir des volumes de phosphates et de minerai de fer prévus chaque année. Cette même formule est employée pour les autres options de transport bimodal route/rail, barge/rail et minéraloduc/rail. *A ce stade, aucune discussion n'a été engagée avec Mittal ou un tiers sur un éventuel partage de coûts.*
- **Jours d'exploitation** : Nombre de jours d'exploitation par an. Les autres jours de l'année sont censés représenter les jours fériés, les jours d'entretien et les jours où le réseau pourrait être hors service. En considération du climat et de la topologie du Sénégal, une exploitation de 330 jours par an semble être une bonne approximation.
- **Vitesse lors d'un cycle** : Vitesse chargée (25 km/h) et à vide (30 km/h). Ces vitesses sont déterminées par les données typiques pour des projets similaires dans d'autres pays. Ces hypothèses sont assez conservatrices, car des vitesses supérieures pourraient accroître les coûts de maintenance de la voie ferrée.
- **Temps au terminal** : Durée en heure pour le chargement et le déchargement. Le temps de maintenance des wagons est compris dans cette estimation, qui est basée sur l'expérience de projets similaires dans d'autres pays.
 - Pour un terminal ferroviaire, la durée de chargement, déchargement et maintenance est estimée à 10 heures par cycle, en supposant que des pelleteuses sont utilisées pour remplir les wagons. Cela permet d'éviter des systèmes de chargement automatisés qui coûtent beaucoup plus cher. En Australie, les pelleteuses servent à charger des trains de 200 wagons.
- **Durée d'un cycle** : Temps de transport, en heures, d'un train, y compris le temps au terminal pour le chargement, le déchargement et la maintenance.
- **Nombre de wagons par train** : Le chiffre moyen est de 40 wagons par train, bien que ce chiffre soit légèrement ajusté lors de différentes itérations du modèle. Ce

chiffre est calculé à partir de la durée d'un cycle, le nombre de rotations par train, et le nombre de rotations totales par an par mode de transport.

- **Cycles** : Le nombre de rotations par an par train. Cette donnée est calculée par le modèle, en supposant 7920 heures d'exploitation par an (330 jours x 24 heures) divisé par la durée du cycle pour un train. La configuration d'un train (locomotives et wagons) est calculée pour optimiser la productivité et minimiser le coût d'un train.
- **Capacité annuelle par train** : 1920 tonnes, soit 40 wagons par train avec une capacité nominale de 48 tonnes par wagon. Ce dernier chiffre est plus bas que ce qui est couramment utilisé pour des réseaux ferroviaires à rail étroit dans d'autre pays. Si Mittal se décide à construire une voie ferrée à écartement standard entre Tambacounda et Bargny, alors la capacité d'un wagon pourrait être augmentée.
- **Nombre de voyages par an** : Ce chiffre est calculé à partir du volume annuel de minerai (de 1 à 2 Mt) divisé par la capacité moyenne d'un train (1920 tonnes par train).

Pour les scénarios de transport ferroviaire, il est utile de préciser que le concessionnaire de Matam pourrait négocier un contrat de transport pour le minerai avec Transrail, le concessionnaire ferroviaire du Sénégal. Dans ce cas, les négociations entre le concessionnaire de Matam et Transrail détermineront le prix de transport, en sachant que Transrail devra couvrir ses coûts et ajouter une marge de profit. Pour parer à cette éventualité, le modèle peut calculer le coût total de transport à partir d'un prix négocié à la tonne avec Transrail.

Pour élaborer le modèle, nous avons utilisé comme base les données d'une étude détaillée des coûts de transport pour une mine au Brésil. Nous avons ensuite effectué les ajustements nécessaires tels les frais salariaux au Sénégal. Le salaire moyen au Brésil est de 1,88 \$/heure, comparé à 0.40 \$/heure au Sénégal.

A partir des hypothèses présentées ci-dessus, les tableaux suivants présentent les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation pour les quatre options de transport ferroviaire, en supposant l'option moyenne de 1,5 Mt/an.

12.3 DONNEES DU MODELE DE TRANSPORT ROUTIER

Les données du modèle pour le transport routier sont les suivantes :

- **Nouvelle route** : Distance, en kilomètre, de la nouvelle route ;
- **Route réhabilitée** : Distance, en kilomètre, de la route à réhabiliter ou à reconstruire ;
- **Coût par km, nouvelle route** : Coût de construction pour un kilomètre de route dans la région de Matam, estimé par l'AATR à 700.000 \$/kilomètre.

- **Option R2** (route au rail par Tambacounda) : La construction d'une nouvelle route est envisagée pour le tronçon Matam-Tambacounda ;
- **Option R4** (route directement de Matam à Darou Khoudoss et/ou Bargny) : La construction d'une nouvelle route est envisagée pour le tronçon Linguère-Kébémér en vue de raccourcir le trajet, les camions utilisant les routes existantes entre Matam et Linguère (prévu pour 2008) et entre Kébémér et Darou Khoudoss/Bargny.
- **Coût par km, route réhabilitée** : Coût de réhabilitation pour un kilomètre de route au Sénégal, estimé par l'AATR à 200.000 \$/kilomètre.
 - **Option R1** (route au rail par Kidira) : La route de Matam à Kidira étant plus ancienne que les autres, nous avons calculé un coût de réhabilitation pour ce tronçon (option R1).
- **Jours d'exploitation** : Nombre de jours d'exploitation par an. Les autres jours de l'année sont censés représenter les jours fériés, les jours d'entretien et les jours où le réseau pourrait être hors service. En considération du climat et de la topologie du Sénégal, une exploitation de 330 jours par an semble être une bonne approximation.
- **Vitesse lors d'un cycle** : Vitesse chargée (50 km/h) et à vide (60 km/h). Ces vitesses sont déterminées par les données typiques pour les routes sénégalaises et peuvent être ajustée dans le modèle en fonction des données réelles sur le terrain. Les vitesses indiquées ne prennent pas en compte le temps de chargement et de déchargement.
- **Temps au terminal** : Durée en heure pour le chargement et le déchargement. Le temps de maintenance des camions est compris dans cette estimation, qui est basée sur l'expérience de projets similaires dans d'autres pays. Puisque les pelleteuses n'auront à charger qu'un camion à la fois, une heure entière est comptabilisée pour le chargement, plus une marge de 20% pour la maintenance des camions (donc 1h12).
- **Durée d'un cycle** : Temps de transport, en heures, d'un camion, y compris le temps au terminal pour le chargement, le déchargement et la maintenance. Ce chiffre est un des éléments clés de l'efficacité d'un système de transport.
- **Capacité en tonne par camion** : Estimée à 37 tonnes par camion, en supposant un camion de 11 tonnes à 6 essieux (donc poids total à charge de 48 tonnes). Un changement dans le Code de la Route pourrait permettre de passer à un camion à 8 essieux transportant 51 tonnes de minerai, mais cette hypothèse s'avère difficilement envisageable car le Sénégal a cadré sa réglementation sur des règles communes sous-régionales dans le cadre de la CEDEAO.
- **Cycles** : Nombre de rotations par an par camion. Cette donnée est calculée par le modèle, en supposant 7920 heures d'exploitation par an (330 jours x 24 heures) divisé par la durée d'un cycle pour un camion.

- **Capacité annuelle par camion** : Chargement acheminé par un camion pendant une période d'un an.
- **Nombre de voyages par an** : Ce chiffre est calculé à partir du volume annuel de minerai (de 1 à 2 Mt selon les cas) divisé par la capacité moyenne d'un camion (37 tonnes).

Le modèle utilise comme base les données (coûts d'exploitation par kilomètre) d'une enquête annuelle réalisée depuis 1974 pour le transport par camion au Canada et dans cinq régions des Etats Unis. Ces coûts, pour le même type de camion qui serait utilisé à Matam, ont été ajustés pour refléter les coûts de personnel et de fuel au Sénégal. Un coût d'exploitation de 1,58 \$/km en Amérique du Nord se traduit ainsi par un coût d'exploitation de 1,28 \$/km au Sénégal.

Pour le matériel roulant, nous avons supposé un achat initial de camions avec une durée de vie de 15 ans, et un renouvellement des véhicules en l'an 15.

A partir des hypothèses présentées ci-dessus, les tableaux suivants présentent les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation pour les quatre options de transport routier, en supposant l'option moyenne de 1,5 Mt/an.

12.4 DONNEES DU MODELE DE TRANSPORT FLUVIAL

Les données du modèle pour le transport fluvial sont les suivants :

- **Aménagement du fleuve Sénégal** : Pour permettre le transport fluvial 12 mois de l'année, un chenal de navigation devra être dragué jusqu'à Matam à une profondeur de 2 mètres. Ce projet ambitieux est en considération depuis plusieurs décennies, mais l'OMVS n'a malheureusement pas pu mobiliser les fonds. L'OMVS n'a pas d'estimation pour le coût de ce projet, mais nous l'avons estimé de façon prévisionnelle à 167 M\$ (soit 250.000 \$/kilomètre). Pour les besoins de l'analyse financière, nous avons imputé un tiers de ce coût au projet de Matam (soit 55,7 M\$). Une autre façon de voir la chose serait de dire que le projet de Matam peut contribuer *tout au plus* un tiers du coût de réaménagement du fleuve. Sans autre investisseur ou bailleur potentiel, le projet de Matam à lui tout seul ne saurait justifier le réaménagement intégral du fleuve jusqu'à Matam.
- **Jours d'exploitation** : Nombre de jours d'exploitation par an. En considération du débit mensuel du fleuve Sénégal, 116 jours d'exploitation sont prévus sans dragage, et 330 jours d'exploitation sont prévus avec dragage et aménagement du fleuve.
- **Vitesse lors d'un cycle** : Vitesse chargée (à la descente) et à vide (à la montée) sont prévues à 8 km/h. Les vitesses indiquées ne prennent pas en compte le temps de chargement et de déchargement.

- **Temps au terminal** : Durée en heure pour le chargement et le déchargement des barges. Le temps d'entretien du pousseur est compris dans cette estimation, qui est basée sur l'expérience de projets similaires dans d'autres pays.
- **Durée d'un cycle** : Temps de transport, en heures, d'un pousseur et de son complément de cinq barges, y compris le temps au terminal pour le chargement, le déchargement et la maintenance. Ce chiffre est un des éléments clés de l'efficacité d'un système de transport.
- **Capacité en tonne par convoi fluvial** : Estimé à 830 tonnes par convoi fluvial, en considération des limites physiques de l'écluse de Diama. Un convoi fluvial comprend un pousseur et cinq barges, créant ainsi un convoi de deux unités (en largeur) par trois unités (en longueur).
- **Cycles** : Nombre de rotations par an par convoi fluvial. Cette donnée est calculée par le modèle, en supposant 7920 heures d'exploitation par an (330 jours x 24 heures) divisé par la durée d'un cycle pour un camion.
- **Capacité annuelle par convoi fluvial** : Chargement acheminé par un convoi fluvial pendant une période d'un an.
- **Nombre de voyages par an** : Ce chiffre est calculé à partir du volume annuel de minerai (de 1 à 2 Mt selon le cas) divisé par la capacité moyenne d'un convoi fluvial (830 tonnes).

Pour les coûts d'exploitation, le modèle prévoit un équipage de 8 hommes par convoi, avec deux équipes de 4 hommes travaillant 12 heures par jour. Une rotation (aller retour) de 7 jours est prévue, suivie de trois jours de repos pour l'équipage.

Une consommation d'un litre par tonne tous les 219 km est utilisée, à partir d'une estimation du coût de transport de minerai sur la rivière Parana en Amérique du Sud. Le coût d'exploitation sur la rivière reviendrait ainsi à 3,91 \$/tonne.

A partir des hypothèses présentées ci-dessus, les tableaux suivants présentent les coûts d'investissement et les coûts d'exploitation pour les deux options fluviales.

12.5 DONNEES DU MODELE DE TRANSPORT PAR MINERALODUC

12.5.1 Introduction

Le transport de matériaux solides par système hydraulique de canalisation repose sur une longue tradition dans le secteur minier. De nombreux projets miniers modernes intègrent de tels systèmes, et des améliorations techniques récentes permettent de parcourir de longues distances de façon économe.

De nos jours, le transport par minéraloduc est une pratique mondialement reconnue qui repose sur un principe simple de propulsion d'une pulpe dans une canalisation à diamètre restreint (souvent en dessous d'un mètre). La longueur d'un minéraloduc peuvent varier entre de courtes distances entre unités de production et de longues

distances allant jusqu'à 700 km entre mine et usine. Les minéraloducs peuvent traverser des reliefs divers allant de plaines côtières aplaties à des montagnes découpées. La technologie du minéraloduc est utilisée pour des minerais divers comme le charbon, le minerai de fer, les concentrés de cuivre et les phosphates.

Le système de minéraloduc pour le Matam intégrerait les composantes suivantes :

- Une matière première adéquate (i.e. concentré de minerai de phosphate);
- La préparation et stockage de canalisations;
- Une unité de broyage du phosphate à 40 microns ;
- Une station de pompage primaire;
- La préparation de plans techniques pour le tracé, le minéraloduc et le système de contrôle ;
- Une ou plusieurs stations de pompage intermédiaire ;
- Une unité de réception, de déshydratation et de séchage de la pulpe ;
- Un system de stockage et de transfert;
- Les équipements de support tels : les routes d'accès, la sécurité du site, l'approvisionnement en eau et énergie, les camps de travail, et les ateliers de maintenance.

Bien que le principe soit simple, la conception et l'exploitation d'un minéraloduc demandent des tests, des plans techniques et une exploitation qui sont rigoureux. Un minéraloduc qui est conçu et construit selon les règles de l'art peut être performant pendant 20 à 30 ans sans demander de grandes améliorations.

La proximité du fleuve Sénégal apporte des ressources en eau suffisantes qui pourront être réutilisées à l'arrivée du minéraloduc dans l'ouest du pays où l'eau potable fait défaut. L'eau ainsi récupérée du minéraloduc peut être utilisé à des fins agricoles ou industrielles.

Les systèmes de minéraloduc sont bien sécurisés. Le minéraloduc est généralement enterré sur l'ensemble de son parcours. Les stations de pompage sont compactes et peuvent être protégées par une clôture.

12.5.2 Considérations importantes pour la conception du minéraloduc

A la différence des autres systèmes de transport, l'exploitation d'un minéraloduc présente beaucoup moins de flexibilité, surtout vis-à-vis du de sa capacité de transport et du tracé qu'il emprunte. Ainsi, il devient extrêmement important de bien préparer la conception technique du minéraloduc selon les caractéristiques du minerai à acheminer, la topographie du terrain à parcourir, le volume prévu, etc. Une fois qu'un minéraloduc est

mis en place, il peut fonctionner pendant plusieurs décennies de façon fiable et prévisible.

La conception technique d'un minéraloduc suit des approches techniques reconnues, qui peuvent varier d'un bureau d'étude à un autre, mais qui se fondent généralement sur des principes qui ont été validés par l'expérience. Les principaux éléments à retenir dans la conception d'un minéraloduc sont les suivants :

- **Vitesse de flux** : La vitesse de flux minimum (mesuré en « vitesse ») doit être calculée selon la densité du minerai (mesuré en « pesanteur »), la densité de la pulpe (mesuré en « pourcentage de solides »), et la taille des particules en suspension dans le fluide (mesuré en « millimètres » ou en « microns »).
- **Densité de la pulpe** : Le ratio des particules solides et de l'eau dans la pulpe, calculé comme un pourcentage du poids ou du volume, selon une formule mathématique.
- **Dimension des particules** : La dimension moyenne de la particule dans une pulpe est nécessaire pour le calcul de la vitesse requise à l'intérieur de la canalisation (« contrainte de volume »). En général, les particules plus grandes demandent une vitesse de flux et donc une énergie de pompage en conséquence.
- **Caractéristiques du fluide** : Les données techniques des éléments cités ci-dessus ainsi que le diamètre de la canalisation permettent de calculer les caractéristiques du fluide et de préparer une estimation préliminaire du coût du minéraloduc. Cependant, il est difficile de définir avec certitude les caractéristiques physiques de la plupart des pulpes minérales avant la réalisation de tests sur un prototype.
- **Importance de la dimension des particules**: Avant de le mélanger à l'eau pour créer la pulpe, le minerai doit être broyé pour atteindre la taille moyenne spécifiée par les ingénieurs. Un broyage plus fin permet généralement le pompage à coûts énergétiques moindres.

Dimensions des particules (microns)	Energie requise pour le pompage (kWh/tonne)	Coût d'exploitation (\$/tonne)
150	74.1	8,89 \$
75	43.7	5,24 \$
40	21.2	2,54 \$
Note: estimation pour un minéraloduc de 185 km reliant Matam à Tambacounda		

Tableau 12-1 : coût d'exploitation selon la taille de la particule

12.5.3 Circuits pour le minéraloduc

Les scénarios suivants ont été évalués pour les options par minéraloduc :

Options	Description	Distance du minéraloduc
M1	Minéraloduc au rail par Kidira	120 km
M2	Minéraloduc au rail par Tambacounda	185 km
M3	Minéraloduc au rail par Louga	323 km
M4	Minéraloduc direct à Darou/Bargny par Kébémér	403 km

Tableau 12-2 : destinations et distances pour les options par minéraloduc

Chaque option peut être caractérisée de la façon suivante :

- **Option M1 – minéraloduc au rail par Kidira** : Cette option suit l'amont du fleuve, l'accès le plus court pour atteindre la voie ferrée transversale reliant le Sénégal au Mali. Cette route est favorable aux minéraloducs car elle a un bon accès aux réseaux routier et électrique. Nous estimons la distance que le minéraloduc devra couvrir à 120 km à partir de mesures de GPS. Une unité de déshydratation et de séchage sera installée à Kidira le long de la voie ferrée pour faciliter le chargement du minerai sec dans les wagons. La proximité du fleuve Sénégal facilite la préparation et le pompage de la pulpe au départ, et l'eau traitée à l'arrivée pourra être reversé dans le fleuve après utilisation.
- **Option M2 – minéraloduc au rail par Tambacounda** : Ce circuit se dirige presque plein sud de Matam à Tambacounda, sur une distance que nous estimons à 185 km. Une unité de déshydratation et de séchage sera installée à l'est de Tambacounda le long de la voie ferrée pour faciliter le chargement du minerai sec dans les wagons

Nous avons suivi le tracé éventuel de ce minéraloduc en véhicule 4x4, et la piste est difficile à suivre. L'accès aux infrastructures de base reste limité, et il n'y a aucun accès au réseau électrique national. Nous notons cependant un accès limité au service GSM le long de la piste. Pour cette option, il sera donc nécessaire de construire une route et d'étendre le réseau électrique, coûts que nous avons pris en compte dans les estimations budgétaires.

- **Option M3 – minéraloduc au rail par Louga** : Ce circuit suit la nouvelle route nationale de Louga à Matam dont la construction devrait s'achever en 2008. Nous estimons la distance que le minéraloduc devra parcourir à 323 km. Une unité de déshydratation et de séchage serait installée à Louga le long de la voie ferrée pour faciliter le chargement du minerai sec dans les wagons. La ligne de chemin de fer n'est pas en service entre Dakar et St. Louis. L'accès aux réseaux routier et électrique s'avère satisfaisant le long de ce tracé.

- **Option M4 – minéraloduc direct à Darou Khoudoss** : Ce circuit, qui transite par Louga et Kébémér, présente un accès satisfaisant aux réseaux routier et électrique, et il permet d'éviter le transfert de minerai dans des wagons à mi-chemin. Nous estimons la distance que le minéraloduc devra couvrir à 403 km. Une unité de déshydratation et de séchage du minerai sera installée à l'arrivée.
- **Option M5 – minéraloduc direct à Bargny** : Ce circuit suit le tracé de l'option M4, mais il continue jusqu'au futur port minéralier de Bargny à 72 km au sud de Darou Khoudoss, d'où une distance totale de 475 km. Une unité de déshydratation et de séchage du minerai sera installée à l'arrivée.

Nota bene : les distances sont approximatives et devront être confirmées par une étude technique détaillée.

12.5.4 Critères de conception

La conception d'un minéraloduc doit se faire à partir de règles techniques précises qui permettent d'effectuer les calculs pour les plans d'équipement, de construction et d'exploitation. Pour ce projet de Matam, nous avons élaboré notre analyse à partir des critères suivants.

	Option basse	Option moyenne	Option haute
Volume annuel de minerai	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Taux de disponibilité opérationnelle	95%	95%	95%
Temps annuel d'exploitation	8 322 heures	8 322 heures	8 322 heures
Capacité horaire du minéraloduc	120,2 tonnes/heure	180,2 tonnes/heure	240,3 tonnes/heure
Flux de la pulpe	205 m ³ /heure	307,5 m ³ /heure	409,9 m ³ /heure
Densité de la pulpe (% du poids)	65%	65%	65%
Dimension moyenne des particules	40 microns	40 microns	40 microns
Coût de l'énergie	0,12 \$/kW	0,12 \$/kW	0,12 \$/kW

Tableau 12-3 : Critères de conception du minéraloduc de Matam

L'intérieur du Sénégal, qui était recouvert par la mer à l'époque préhistorique, est maintenant une terre sèche et plate. Nous avons ignoré la dénivellation, peu prononcée, des régions centrale et occidentale, mais la typologie des collines et des cours d'eau à parcourir devra être prise en compte lors de la conception et de la construction du minéraloduc.

12.5.5 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement ont été calculés en utilisant des normes reconnues qui ont été ajustées pour prendre en compte les conditions de réalisation au Sénégal. Les estimations budgétaires pour les pompes et les canalisations viennent de notre expérience avec des projets similaires aux Etats-Unis, en Amérique du Sud, et ailleurs. Les besoins de pompage et les coûts d'équipements sont calculés à partir de formules connues pour les minéraloducs et de devis de fournisseurs américains.

L'estimation des coûts d'investissement a été développée à partir de facteurs comme la capacité et la distance du minéraloduc. Le coût de l'unité de pompage est calculé à partir de la formule suivante : $8,13 \text{ million USD} \times (\text{kW}/1200)^{0,6}$.

Composante	Volume annuel de minerai		
	1,0 Mt	1,5 Mt	2,0 Mt
Canalisations	150 000 \$/km	160 300 \$/km	168 500 \$/km
Unité de broyage	2,5 M\$	3,2 M\$	3,8 M\$
Unité d'épaississement	5,0 M\$	6,4 M\$	7,6 M\$
Unité de filtration	7,0 M\$	8,9 M\$	10,6 M\$
Dépôt de vrac	2,5 M\$	3,2 M\$	3,8 M\$

Tableau 12-4 : Composantes des coûts d'investissement

12.5.6 Coûts d'exploitation

Les coûts d'exploitation sont estimés à partir des critères suivants :

- **Electricité:** L'électricité est la principale composante des coûts d'exploitation. La consommation électrique a été calculée à partir de la consommation typique des équipements d'un minéraloduc, y compris les unités de pompage, de broyage et de filtration. Sur avis des ICS, nous avons utilisé un coût pondéré d'électricité de 0,12 \$/kWh.
- **Personnel d'exploitation et de maintenance :** Nous estimons les besoins de personnel à 165 personnes (comparée à 350-400 personnes pour la mine de surface et les usines de traitement de Matam). Estimation des frais de personnel direct : 500.000 \$/an.
- **Services de maintenance et d'exploitation :** De temps à autre, des services spécialisés de maintenance et d'exploitation seront nécessaires, comme la maintenance et la réparation d'équipements, le nettoyage des canalisations, et la formation des opérateurs. Nous supposons que les services de sécurité sont externalisés. Estimation des coûts des services annexes : 250.000 \$/an.

- **Pièces de rechange et de maintenance** : Ce poste, qui comprend les pièces de rechange et les fournitures d'exploitation comme le fuel, est généralement calculé comme un pourcentage des coûts directs d'exploitation, bien que nous ayons utilisé un coût fixe par simplicité. Estimation des coûts des pièces de rechange et de maintenance: 1,5 million /an.
- **Coûts indirects** : Ce poste peut comprendre les redevances, les taxes, les frais d'assurance, le coût du financement, etc. Estimation des coûts indirects : 25% en sus des coûts mentionnés ci-dessus.

