



REPUBLIQUE ISLAMIQUE DE MAURITANIE

Honneur – Fraternité - Justice

Extension du réseau dorsal en fibres optiques Étude d'avant-projet

RAPPORT INTERMEDIAIRE



Rapport soumis le 03 Aout 2022

SOMMAIRE

RAPPORT	5
1. INTRODUCTION	5
1.1 MISE EN CONTEXTE	5
1.2 OBJET ET CONTENU DU DOCUMENT	6
2. CONCEPTION DU RESEAU	6
2.1 CONSTRUCTION DU RESEAU PASSIF	7
2.1.1 METHODOLOGIE	7
2.1.2 CONDITIONS DE REALISATION AU VU DES ETUDES TERRAIN	10
2.1.3 SPECIFICATIONS RETENUES DE POSE DES CABLES A FIBRES OPTIQUES	10
2.1.4 DETAIL DES MODES DE POSE ENVISAGES	11
2.1.5 CHAMBRES TECHNIQUES D'EXPLOITATION DES CABLES : CHAMBRES L3T	17
2.1.6 SYNTHESE DES PARAMETRES RELEVES	18
2.1.7 OPTIMISATIONS SUR LE TRACE DU RESEAU : UTILISATION D'INFRASTRUCTURES EXISTANTES	19
2.1.8 ESTIMATION DU CALENDRIER DE CONSTRUCTION DU RESEAU PASSIF	20
2.2 CONSTRUCTION DU RESEAU ACTIF	21
2.2.1 INTRODUCTION	21
2.2.2 LE RESEAU WDM	22
2.2.3 LE RESEAU IP	28
2.3 OPTIONS	31
3. ÉTUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES)	32
3.1 METHODE D'ELABORATION DU RAPPORT	32
3.2 DETAILS DES IMPACTS POSITIFS DU PROJET	34
3.2.1 REDUCTION DES COUTS LIES A L'ACCES AUX TIC	34
3.2.2 AMELIORATION DES CONDITIONS D'ACCES AU SERVICE INTERNET	34
3.2.3 RENFORCEMENT DE LA DEMOCRATISATION DE L'ACCES AUX SERVICES INTERNET	34
3.2.4 CREATION D'EMPLOIS LIES AUX TIC	34
3.2.5 DEVELOPPEMENT DES SERVICES LIES AUX TIC	34
3.2.6 L'ACCES DES ETABLISSEMENTS SCOLAIRES A INTERNET	35
3.2.7 MISE EN PLACE D'UNE ADMINISTRATION NUMERIQUE	35
3.2.8 L'ACCES A INTERNET POUR L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR, LA RECHERCHE ET LA SANTE	35

3.2.9	SYNTHESE DES IMPACTS MAJEURS POSITIFS	35
3.3	SYNTHESE DES IMPACTS NEGATIFS DU PROJET	36
3.3.1	IMPACTS SOCIAUX	36
3.3.2	IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	36
3.3.3	LES MESURES D'ATTENUATION DES IMPACTS NEGATIFS	36
3.3.4	COMPARATIF DES SITUATIONS « AVEC » ET « SANS » PROJET	39
4.	RELEVES SUR TERRAIN	40
4.1	SYNTHESE DES COUTS DES MESURES PALLIATIVES	40
4.2	EXEMPLE DE LA SECTION NOUAKCHOTT-CHAMI	41
5.	ETUDE DE SURETE	45
5.1	METHODE D'ELABORATION DE L'ETUDE DE SURETE	45
5.2	SYNTHESE DE L'ETUDE	46
5.2.1	AXES LOGISTIQUES CONSEILLES	46
5.2.2	IMPLANTATION DES BASES FIXES	47
5.2.3	COUT ESTIME DES MESURES DE SECURITE	47
6.	SUPERVISION, MAINTENANCE ET VIE DU RESEAU	47
6.1	MODALITES DE SUPERVISION	48
6.2	DESCRIPTION DE LA MAINTENANCE DU RESEAU	49
6.2.1	GESTION DES LOTS DE RECHANGE	51
6.2.2	SYSTEME D'INFORMATION ET OUTILS NUMERIQUES	52
6.3	ENGAGEMENTS DE QUALITE	53
6.4	RECOMMANDATION DU GROUPE DE TRAVAIL	54
7.	COMMERCIALISATION DES SERVICES	55
7.1	ÉVALUATION GLOBALE DE LA DEMANDE EN MAURITANIE	55
7.1.1	METHODE ET HYPOTHESES STRUCTURANTES	55
7.1.2	RESULTATS	57
7.2	BESOINS EXPRIMES PAR LES DIFFERENTS ACTEURS ET HYPOTHESES RETENUES	60
7.2.1	OPERATEURS NATIONAUX	60
7.2.2	OPERATEURS INTERNATIONAUX ET TRANSIT INTERNATIONAL	65
7.2.3	FOURNISSEURS D'ACCES A INTERNET	67
7.2.4	AUTRES ACTEURS	68
7.3	LISTE DES SERVICES PROPOSES ET HYPOTHESES DE TARIFICATION ASSOCIEES	69

7.4 HYPOTHESES CONCERNANT LES MODALITES DE COMMERCIALISATION ET DE SOUSCRIPTION	71
7.4.1 OPERATEURS DOMESTIQUES	71
7.4.2 ACTEURS INTERNATIONAUX	73
7.4.3 AUTRES CLIENTS	73
<u>8. ANALYSE ECONOMIQUE ET BUSINESS PLAN</u>	74
8.1 ÉVALUATION DES COUTS D'INVESTISSEMENT	74
8.2 ÉVALUATION DES CHARGES D'EXPLOITATION	77
8.3 ÉVALUATION DES RECETTES COMMERCIALES	80
8.4 ANALYSE DES DIFFERENTS SCENARII ENVISAGES	82
8.5 ACTUALISATION DES FLUX CUMULES ET PISTES D'AMELIORATION ENVISAGEABLES	85
<u>9. ASPECTS JURIDIQUES</u>	87
<u>10. CONCLUSION DU RAPPORT INTERMEDIAIRE</u>	90
<u>ANNEXE 1 – TABLEAU DE CORRESPONDANCE RAPPORTS PRELIMINAIRE / INTERMEDIAIRE</u>	92
<u>ANNEXE 2 – PISTES D'OPTIMISATION</u>	93
<u>ANNEXE 3 – CARTE DE SURETE DE L'AMBASSADE DE FRANCE</u>	94

RAPPORT

1. INTRODUCTION

1.1 Mise en contexte

Ce document constitue le rapport intermédiaire de l'étude avant-projet pour la conception, la construction, l'exploitation et la commercialisation d'un réseau dorsal en fibre optique public en Mauritanie. Il s'inscrit dans la continuité du rapport préliminaire soumis par Orange et ses partenaires le 20 Janvier.

Pour rappel, cette étude fait l'objet d'un financement de l'État Français, par l'intermédiaire du dispositif FASEP¹. Orange et le Ministère de la Transition Numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'Administration (MTNIMA) ont signé un protocole d'accord le 04 octobre 2021 définissant le périmètre de travail pour une pré-étude technico-économique. Orange, qui assure le pilotage de projet et représente le point de contact pour le MTNIMA², est associé aux partenaires suivants :

- Axians (filiale du groupe Vinci Energies)
- TACTIS (cabinet de conseil)

Cette étude d'avant-projet, dite « étude amont », a pour objectifs de définir précisément le tracé définitif du réseau dorsal optique complétant/intégrant WARCIP (« macro-design »), le budget d'investissement nécessaire et le *business model* lié à la construction et l'exploitation commerciale de cet ouvrage et de réaliser les termes de référence associés. Les différents volets de l'étude doivent permettre :

- De cerner les conditions techniques de réalisation de l'extension du réseau existant (faisabilité technique)
- De garantir la rentabilité économique du projet sur le long terme (viabilité économique)

Le rapport préliminaire, validé par le MTNIMA, a permis de définir :

- Le macro-design du réseau en fonction :
 - o Des besoins des futurs clients du réseau (opérateurs locaux, FAI³, opérateurs internationaux),
 - o Des enjeux de connectivité des principaux Ministères mauritaniens
 - o Des réseaux existants en Mauritanie
 - o Des contraintes opérationnelles supposées (cartographie des routes, conditions de sécurité)
- Une macro-étude économique du réseau en fonction :
 - o Des besoins de connectivité des clients finaux
 - o De son évolution prévisible
 - o D'une estimation des coûts de construction et d'exploitation

¹ Fonds d'études et d'Aide au Secteur Privé

² Ministère de la Transition Numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'Administration

³ Fournisseurs d'Accès à Internet

Ce rapport préliminaire a permis de valider un premier tracé de réseau sur lequel ont été menées les études détaillées, qui permettra d'améliorer les réseaux existants par la disponibilité d'une infrastructure de réseau haut débit partiellement résiliente qui couvrira notamment 79% des moughataas.

Le rapport préliminaire prévoyait une option de construction d'un réseau FTTH sur les villes de Nouakchott et de Nouadhibou. Suite à la deuxième visite en Mauritanie et aux retours plutôt négatifs des opérateurs sur ce projet de FTTH, l'équipe projet, en accord avec le Ministère de la Transition numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'Administration, a décidé de mettre cette option de côté à ce stade du projet.

1.2 Objet et contenu du document

Ce document présente la suite du travail réalisé lors de la deuxième phase de l'étude de Février 2022 à Juillet 2022. Il présente le résultat des différentes études réalisées :

- Études techniques :
 - o Relevés sur terrain : axes est et sud du 05 Février au 05 Mars et axe vers Algérie du 19 Mars au 22 Mars
 - o Étude d'ingénierie avec une mission terrain du 04 au 25 Février
 - o Étude d'impact environnemental et social
 - o Étude de sûreté avec une mission terrain du 03 Mars au 07 Avril
- Modélisation économique :
 - o Évaluation des coûts d'investissements et d'exploitation
 - o Évaluation des recettes commerciales
 - o Étude juridique et réglementaire
- Définition des différents scénarii possibles et analyse technico-économique de ces scénarii

2. CONCEPTION DU RESEAU

Nous avons été amenés à concevoir un réseau de 6943 km, dont 4330 km à construire (câble de 36 paires de fibres) et 2613 km à louer (une paire de fibres optiques), organisé en 32 sections (25 à construire, 7 à louer), qui couvre :

- Les besoins des opérateurs mauritaniens (MAURITEL, MATTEL, CHINGUITEL) et les ISPs
- La prise en compte des aspects politiques en priorisant les sections les plus à même de couvrir le pays (desserte de moughataa)
- La prise en compte des interconnexions internationales possibles (connexion aux réseaux et câbles sous-marins voisins, section Algérie)
- L'accès aux câbles sous-marin à Nouakchott et Nouadhibou
- La réutilisation des infrastructures existantes notamment par location de fibre noire (WARCIP, MAURITEL, SNIM et SOMELEC)

La proposition de réseau s'est appuyée i) d'une part sur un ensemble de contraintes liées à la sécurisation et la résilience du réseau, et ii) d'autre part sur des études terrain, techniques, d'impact environnemental/social et de sûreté qui seront détaillées ci-dessous. Nous avons conçu ce réseau avec un « cœur » qui permet de garantir un niveau de résilience satisfaisant et d'assurer des objectifs *business* que l'on a appelé réseau nominal, et des « extensions » prioritaires proposées pour remplir les objectifs de désenclavement digital et de *business*.

L'objectif des études techniques a été de définir les conditions techniques de réalisation de l'extension du réseau optique actuel. Un ensemble d'études préliminaires ont été menées en amont, détaillées dans le premier rapport du FASEP. Une partie du volet technique de ce deuxième rapport a consisté à effectuer des mesures sur terrain, de manière à valider/rejeter les hypothèses faites dans la première partie de l'étude. Cela nous a en effet permis :

- La mesure précise avec un faible degré d'erreur des quantitatifs nécessaires à la construction de l'infrastructure (linéaire d'infrastructures de génie civil, linéaire de câbles, nombre de chambres de raccordement, quantitatif des matériels optiques, etc.)
- L'identification des types de génie-civil à créer selon les types de sols visibles en surface et types de végétations ;
- La distinction du parcours d'infrastructures en zones urbaines et zones interurbaines ;
- L'identification des localisations potentielles des sites techniques ;
- L'identification des contraintes locales liées à la réalisation du chantier, notamment l'emplacement des bases-vie, conditions de transit, lieux de stockage, état des routes, etc.

L'identification des sources d'énergie existantes et utilisables. Le cas échéant, des propositions de sources d'énergie alternatives ainsi que de sources de secours en conformité avec la qualité de service demandée pour le réseau à déployer, sont faites.

2.1 Construction du réseau passif

2.1.1 Méthodologie

Les études terrain ont été réalisées sur la totalité du parcours du réseau de 4330 km défini initialement dans la première phase de la pré-étude. Le macro-design qui avait été élaboré sous forme de carte a été traduit sous forme d'une liste de sections déjà fournie dans le premier rapport et rappelée ci-dessous avec des amendements mineurs :

Pour une meilleure sécurisation de l'axe stratégique Nouakchott / Nouadhibou, nous avons rajouté la section à construire Chasmi-Asma qui pourrait permettre ultérieurement d'augmenter le niveau de maillage IP. Nous avons décidé de louer de la fibre noire (voir plus bas) pour valoriser les infrastructures déjà existantes ou programmées. N'ayant pas pu effectuer d'études terrain du fait de l'absence de route sur les 3 sections suivantes : Boumdeid-Tikjija, Benichab-RN4 et Monguel-Essawata, des estimations ont été réalisées.

Les 3982 km du rapport préliminaire deviennent, avec les différents changements explicités ci-dessus et par un relevé plus précis des distances : 4330 km à construire sur 25 sections. Sur ces 25 sections nous avons aussi fait le choix de construire 8 sections en aérien (1667 km), détaillées dans le tableau ci-dessous, du fait de la difficulté que cela représenterait d'enterrer la fibre sur ces zones très rocheuses (avec impact économique très fort). Un tableau qui permet de matérialiser les changements entre le rapport préliminaire et ce rapport est disponible en annexe 1.

Le tableau ci-dessous donne les 32 sections qui façonneront le réseau final avec le détail des 7 sections à louer, à construire soit en aérien ou en sous-terrain.

0	Parcours du tronçon	Sections à louer / à construire	Type de génie civil
1	Nouakchott-Chami	à construire	enterré
2	Chami-Nouadhibou	à construire	enterré
3	Nouakchott-Rosso	à construire	enterré
4	Nouakchott-Aleg	à construire	enterré
5	Aleg-Boghe	Location SOMELEC	NA
6	Choum-Zouerate	Location SNIM	NA
7	Atar-Tijikja	à construire	aérien
8	Kiffa-Boumdeid	à construire	enterré
9	Boumdeid-Tijikja	à construire	aérien
10	Kiffa-Aioune Iatrouss	à construire	aérien
11	Tiguent-Mederdra-Rkiz	à construire	enterré
12	Tikjja-Moudjeria-Sangrave	à construire	aérien
13	Aioun-Kobenni-Gogui	à construire	aérien
14	Aoueintat-Zbil-Djigueni	à construire	enterré
15	Nema-Amourj-Adelbagrou	à construire	aérien
16	Nema-Bassijnou-Fassala	à construire	aérien
17	Asma-Benichab	à construire	enterré
18	Benichab-RN4	à construire	aérien
19	Kaedi-Maghama	à construire	enterré
20	Gouraye-Selibabi	à construire	enterré
21	M Balal-Keur Macene	à construire	enterré
22	Keur Macene-Port Ndiago	à construire	enterré
23	Zouerate-Bir Moghreïn-Ain Bentili-Frontière Algérie	à construire	enterré
24	M Bout-Foum Iegleita	à construire	enterré
25	CHEGAR-Male-Essawata	à construire	enterré
26	Lexeiba-Monguel	à construire	enterré
27	Monguel-Essawata	à construire	enterré
28	Nouakchott-Atar-Choum	Location WARCIP	NA
29	Rosso-Kiffa	Location WARCIP	NA
30	Aioun-Nema	Location WARCIP	NA
31	Aleg-Chegar-Sangrave	Location MAURITEL	NA
32	Nouadhibou-Choum	Location SNIM	NA

Tableau listant les caractéristiques des 32 sections (en rouge, les sections estimées en l'absence de route)

Les 25 sections à construire ont été numérotées et classifiées par type de zone de vigilance selon la dernière à jour carte du ministère des affaires étrangères de France. Selon cette classification, deux zones d'études sont définies :

- Sections en zone de vigilance normale (Zone Jaune)
- Sections en zone de Vigilance élevée (Zone Orange et Rouge)

Les relevés terrain des deux zones ont été attribués à une entreprise différente :

- Zone Jaune : équipe VINCI Energies
- Zone Orange et Rouge : équipe ACPEC (sous la supervision technique des équipes de VINCI Energies)

Un ordre de passage des sections pour chacune des zones a été défini. Un calendrier d'études a été réalisé en concertation avec les experts techniques, en prenant en compte notamment les paramètres suivants :

- Nombre de points à relever pour obtenir des informations garantissant la réalisation des études d'une manière convenable
- Intégration de l'état des routes actuelles pour définir un rythme d'avancement différent selon chaque section. Une étude détaillée sur fond de plan satellitaire de toutes les sections a été effectuée au bureau d'études en présence des experts techniques
- Prise en considération des procédures de sécurité qui intègrent notamment le risque routier

Les relevés de terrain ont été matérialisés par des photos géolocalisées et par des notes enregistrées dans une application dédiée. Les images géoréférencées ont été obtenues à l'aide d'appareils GPS de haute précision. A la prise de chaque image, un formulaire contenant des champs spécialement conçus pour le relevé était rempli, alimentant ainsi une base de données en temps réel. Dès que les données étaient reçues au niveau du bureau d'études, un contrôle était réalisé par les équipes qui pouvaient contacter les agents sur le terrain dans le cas où une information ait été omise ou mal relevée. Les relevés terrains ont été réalisés comme suit :

- Distance d'acquisition des données (dont photos)
 - o En zone urbaine, traversée de villes et villages depuis le point d'arrivée du câble optique réseau jusqu'au nœud télécom (site d'arrivée du câble) chaque 100 m environ et dans les points particuliers
 - o En zone interurbaine, une photo chaque 2 km au minimum et photos détaillées des obstacles
- Localisation et modalités de collecte/traitement des données
 - o Sur le côté de la route prédéterminée
 - o Les obstacles rencontrés (traversée de rivière, croisement de route, zones rocheuses...), les zones problématiques (marais, forêts...) sont identifiées
 - o Les photos des obstacles sont enregistrées dans la base de données SIG (Système d'Information Géographique), associées à l'enregistrement de leur position GPS
 - o Les sites télécoms (dont sites mobiles, antennes) localisés à proximité du parcours de chaque section sont identifiés
 - o Les stations de carburant et tout autre site de nature à favoriser ou contraindre le déploiement de fibre optique sont identifiés
 - o Les coordonnées GPS sont relevées au format degrés avec une précision de 5 points décimaux

Sur la base de ce qui précède, il a été réalisé pour chaque section un rapport détaillant les éléments majeurs relevés :

- Identification de toutes les zones problématiques (incl. ponts et les traversées de fleuves/rivières, conduits/les canaux d'écoulements, passages à niveau, zones avec des sols rocheux, passages routiers, routes impraticables, zones

marécageuses, forêts, villages proches de la route, chaussées dures, réserves naturelles)

- Évaluation de la praticabilité de la route et de la possibilité d'acheminement des personnes, du matériel et des machines
- Signallement et délimitation des zones sensibles (exemple : zones militaires)
- Définition des zones avec de la forêt et de la broussaille (buisson, arbustes, etc.) qui nécessitent un élagage

2.1.2 Conditions de réalisation au vu des études terrain

Le génie civil a été évalué en supposant que celui-ci serait effectué essentiellement en utilisant deux méthodes :

- Pose sous-terrain : par le procédé de pose mécanisée à l'aide de trancheuses
- Pose en aérien : câble ADSS⁴ avec poteaux béton, bois ou composite

Les réglementations en Mauritanie définissant les règles de pose sur l'emprise des routes seront prises en compte lors de la réalisation des travaux.

D'une manière générale, les procédés d'installation, l'organisation, la sécurité, les indications et signalisations du chantier respecteront scrupuleusement les réglementations en vigueur dans le pays. De plus, les travaux se feront dans le respect des documents de sauvegarde environnementale et sociale. Les cadres et plan publiés par les autorités font partie intégrante des contraintes à respecter par le constructeur.

Ci-après un tableau récapitulatif du linéaire global à réaliser (hormis les 3 sections citées dans la section 2.1.1) avec le détail des quantitatifs de génie civil qui ont été estimés.

Item	Quantitatif total (Mètre Linéaire)
Pose mécanisée en trancheuse	1 922 556
Pose câble aérien ADSS	1 667 467
Pose manuelle en zone urbaine	101 125
Pose manuelle en zone interurbaine terrain meuble	211 124
Pose en zone très rocheuse	20 596
Pose en zone moyennement rocheuse	108 016
Pose en zone peu rocheuse	298 172
Fonçage	962
Encorbellement	254

Tableau listant les quantitatifs estimés pour le génie civil soit un total de 4330 km

2.1.3 Spécifications retenues de pose des câbles à fibres optiques

⁴ ADSS = All-Dielectric Self-Supporting

Concernant les travaux de construction du réseau optique, certaines hypothèses ont été définies et sont présentées ci-après :

- Cas Pose enterrée : Câbles à fibre optique posés dans des fourreaux (tubes PEHD), par technique de tirage ou de portage/soufflage
- Cas Pose enterrée : Distance maximale entre chambres de 2000 mètres en zone interurbaine
 - o Mise en place de 1 fourreau de diamètre 33/40 mm en zone interurbaine
- Cas Pose enterrée : Distance maximale entre chambres de 250 mètres en zone urbaine
 - o Mise en place de 3 fourreaux de diamètre 33/40 mm en zone urbaine
 - o 1 fourreau pour l'exploitation
 - o 1 fourreau de manœuvre
 - o 1 fourreau pour les futures extensions
- Câble non armé pour pose en PEHD de 72 fibres optiques (FO) de type G.652D sur l'ensemble du parcours du réseau
- Cas Pose enterrée : Les traversées d'obstacles tels que les carrefours, ronds-points ou chaussées seront réalisées en fonçage horizontal, ce qui permet de diminuer la gêne des usagers
- Cas Pose enterrée : Les traversées de rivières se feront sur profondeur en fond de lit (minimum 1,20 mètre) ou en encorbellement
- Cas Pose enterrée : En zone rurale, des chambres type L3T avec tampon verrouillable seront installées, et espacées en moyenne de 2 000 mètres
- Cas Pose enterrée : En zone urbaine, des chambres type L3T seront installées et espacées en moyenne de 250 mètres. Des chambres L3T seront également disposées au plus près des points susceptibles d'être desservis (sites opérateurs, administrations...)
- Cas Pose aérienne : Le câble sera posé en aérien depuis le site d'origine jusqu'au site d'extrémité. Les zones urbaines d'une section à réaliser en aérien seront également réalisées en pose aérienne. Un câble de type ADSS sera posé sur des support en bois, béton ou composite. Les boîtes de jonction seront également posées en aérien sur des supports. Une étude de ligne n'a pas pu être réalisée, mais il a été pris une hypothèse d'un poteau tous les 70m en moyenne.

2.1.4 Détail des modes de pose envisagés

Débroussaillage/Création de piste

Une piste est réalisée dans le cas de terrains accidentés (nivellement de la surface) ou de terres agricoles (terres arables). Pour le cas de la Mauritanie, beaucoup de zones à traverser sont de type sableux avec présence de dunes. Le nivellement de la surface pour ces zones particulières sera donc nécessaire pour permettre le passage de l'engin de tranchage. On profitera de cette opération pour délimiter l'emprise du chantier et pour éventuellement ripper le sol afin d'y détecter d'éventuelles blocs rocheux et zones rocheuses compact qui pourraient gêner le tranchage par la suite. On peut également, dans certains cas, l'aménager afin d'obtenir une portance suffisante (purge de zones marécageuses par exemple) pour permettre le passage du train de pose. On

veillera à ce que la surface ne présente pas d'angles saillants afin de ne pas détériorer le PEHD qui pourra être déroulé sur le sol avant la pose.

Pose des fourreaux et câbles en pleine terre

1. Pose mécanisée des fourreaux

La pose du réseau par trancheuse permet de combiner sur un seul outil les opérations d'ouverture de la tranchée et d'installation du PEHD au fond de la fouille. La pose mécanisée du câble permet :

- Un remblayage partiel de la tranchée qui assure la protection du câble grâce à un enrobage effectué par les fines extraites lors du tranchage
- La mise en place du grillage avertisseur à une hauteur constante au-dessus du réseau déployé
- Une sécurité accrue aux abords du chantier : pas d'encombrement sur la voie, simplification de la circulation des engins aux abords du chantier et réduction des risques d'accidents liée à la grande rapidité d'exécution

De plus, nous préconiserons l'utilisation de critères de pose spécifiques en vue d'accroître la performance de la prestation :

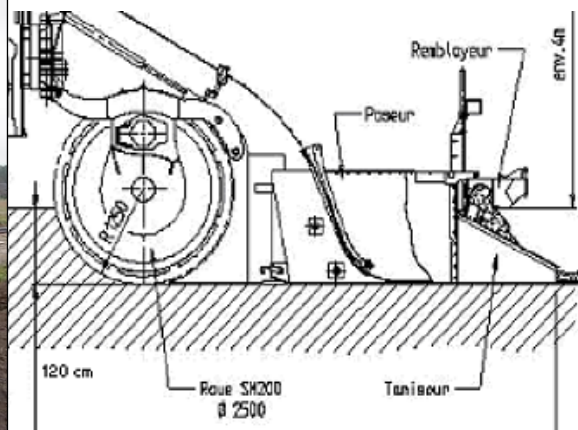
- Optimisation du talon de la roue de tranchage en vue d'obtenir un fond de fouille parfaitement lissé, plat et exempt de cailloux, spécificité garantissant l'absence de contraintes ponctuelles sur le réseau
- Installation sur le caisson de pose d'un système de tamisage/criblage des sols utilisable en cas de nécessité

Un atelier de trancheuse est équipé d'un fourgon atelier contenant les pièces de rechange courantes ainsi qu'un outillage complet (groupe électrogène, poste de soudure, petit équipement et outillage) pour pouvoir faire la maintenance et les réparations courantes sur chantier.

Au final, la pose mécanisée permet de garantir sur le long terme, la pérennité du réseau.



Pose simultanée du réseau et du grillage avertisseur



Principes de la trancheuse

2. Pose en rive de chaussée

La pose mécanisée à la roue en rive de chaussée nécessite une organisation différente par rapport à celle employée dans les zones rurales. Il ne s'agit pas ici de réaliser une piste, mais d'organiser un balisage glissant qui couvre l'ensemble de l'atelier. Cette mise en sécurité de la

zone est primordiale pour les hommes du chantier et les riverains amenés à évoluer à proximité des travaux. Cette technique fluide limite les nuisances, sécurise les chantiers notamment en bordure de route et offre des cadences rapides allant de 250 à 600 mètres par jour par rapport à une production de 50 à 100 mètres par jour en approche traditionnelle, c'est-à-dire avec une pelle mécanique.

3. Pose manuelle des fourreaux ou câbles en pleine terre

Dans le cas de traversée des agglomérations et des cours d'eau, la pose des fourreaux se fera manuellement. Aux abords des rivières, si cela est nécessaire, une ouverture de piste sera réalisée. L'excavation se fera manuellement en prenant les précautions nécessaires pour la stabilité des fouilles. Le matériau d'excavation sera stocké sur les bords de fouille. Il servira au remblaiement ultérieur.



Pose en rive de chaussée



Tranchage manuel

Passage des points difficiles

1. Fonçage horizontal

Ce procédé sera utilisé pour les traversées de routes bitumées ou bretelles routières, les franchissements de voies ferrées, les passages particuliers, etc. Ce procédé inclut les excavations d'entrée et de sortie de forage, la mise en place de la machine, des équipements et accessoires de l'atelier de fonçage, la mise en place du tube PEHD 110 mm, le sous-tubage avec 1 ou 2 tubes PEHD 33/40, l'obturation des tubes, le remblai des fouilles avec un compactage correct et la remise en état des surfaces.

2. Encoirbellement

La technique de l'encorbellement est une technique permettant le franchissement d'ouvrages d'arts tels que les ponts. Elle consiste en la fixation d'un ou plusieurs tubes en acier galvanisé sur le côté de l'ouvrage. Les travaux de passage de pont en encorbellement sont effectués le plus souvent à l'aide d'une nacelle négative installée de façon à ce que la gêne de la circulation soit minimale (à défaut avec des cordistes).



Passage de pont en encorbellement

Passage de pont avec tube en acier galvanisé

Cas des zones rocheuses

Pour le traitement des zones rocheuses, selon la dureté du sol ainsi que la nature des roches rencontrées, différentes méthodes seront utilisées :

- Utilisation des marteaux piqueurs, puis finition de la tranchée (manuel ou traditionnel avec une pelle mécanique). La profondeur de la tranchée est réduite dans ces cas. Il est préconisé un enrobage des conduites.
- Utilisation d'une pelle mécanique équipée de brise roche hydraulique. La pose des fourreaux se fera manuellement. La profondeur de la tranchée est réduite dans ces cas. Il est aussi recommandé un enrobage des conduites.

- Utilisation d'une scie à sol (découpeuse thermique) pour l'ouverture d'un sillon pour les zones très dures et impossibles à traiter avec la pelle mécanique ou le marteau piqueur. La méthode consiste à réaliser une saignée d'au moins 20 cm de profondeur et 20 cm de largeur dans le rocher, de poser le PEHD et de combler ensuite avec du béton.
- Dans les zones extrêmement dures, la solution consiste à protéger le PEHD dans un enrobage intégral en béton. Le PEHD sera « suspendu » sur une grille, dont les pattes seront fichées dans le rocher, formant ainsi un étrier. Ceci permet un enrobage complet du PEHD contenant le câble. Un coffrage est absolument nécessaire pour assurer l'enrobage du PEHD contenant le câble.

Cette problématique se retrouve notamment pour les sections Atar-Tidjikja et Tidjikja-Sangrave, le terrain est très rocheux sur une grande partie du linéaire pour chacune des sections. Elles seront pratiquement impossibles à réaliser avec des méthodes classiques type pose mécanisée ou génie civil traditionnel. Nous recommandons fortement sous l'accord des autorités concernées le passage en micro-tranchée dans l'accotement stabilisé.

Pose des câbles en aérien

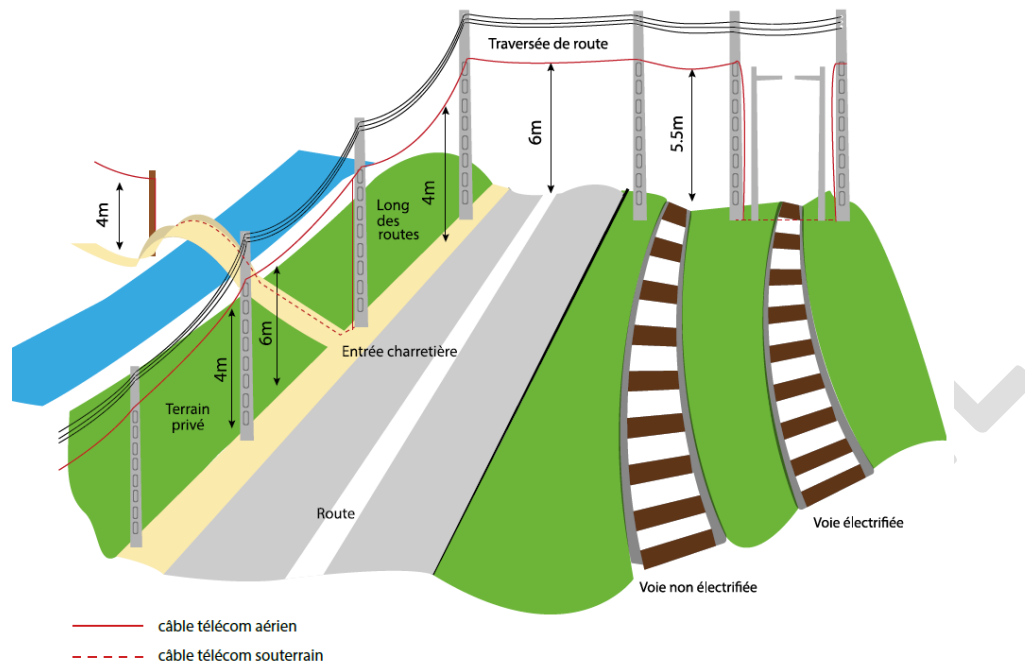
Lorsque les relevés terrains montrent sur une section une très grande présence tout au long du parcours de terrains rocheux très difficiles qui nécessiteraient des explosifs pour créer les tranchées, au regard des coûts et risques engendrés, nous recommandons sur ces sections de procéder à une pose de câble en aérien, par la pose de pylônes.

Dans les normes, les câbles des nappes de réseaux de communications électroniques doivent, à 40°C sans vent, respecter la hauteur minimale au-dessus du sol de :

- 4 m le long des routes, sur les trottoirs, les accotements et en terrain privé
- 5,5 m à la traversée des voies ferrées non électrifiées (les voies ferrées électrifiées sont traversées en souterrain)
- 6 m à la traversée des chaussées et des entrées charretières

Cela est illustré sur le schéma suivant.

Hauteur des nappes télécom applicables aux poteaux Orange ou ERDF



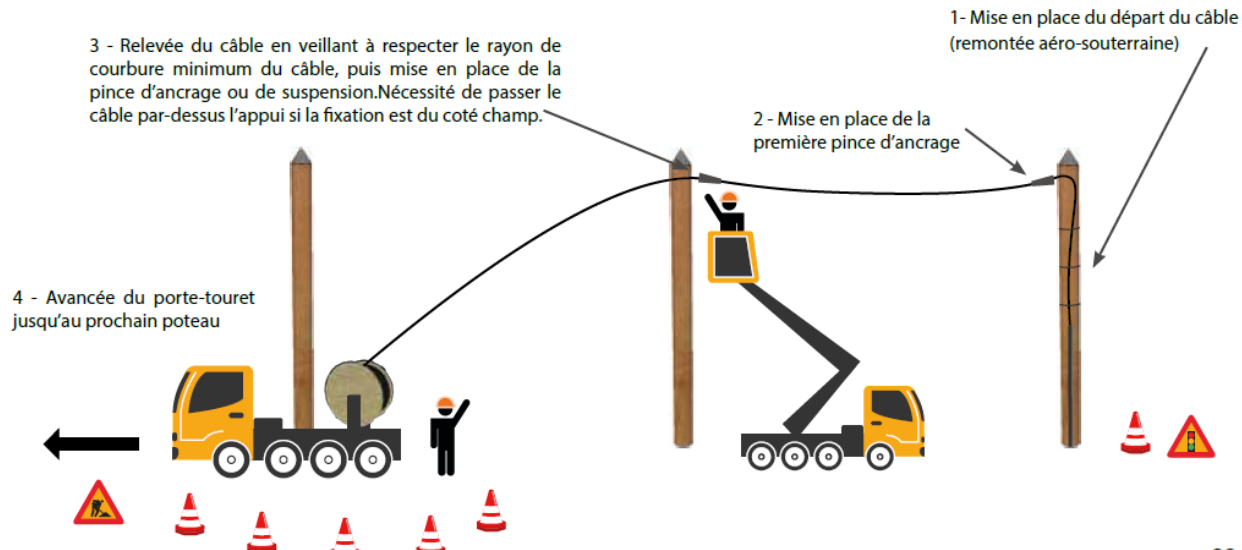
Paramètres d'installation des nappes télécoms

De manière générale, pour des raisons d'esthétique, il est recommandé :

- D'assurer le parallélisme des différents réseaux
- D'installer les réseaux de communications électroniques suffisamment haut afin d'éviter la gêne visuelle pour les riverains
- De limiter les changements de hauteur

Pour le dimensionnement nous avons pris l'hypothèse de portées (distance entre poteaux/pylônes) comprises entre 60m et 120 m. Sur les sections à construire, le câble sera posé à la tension préconisée en fonction des critères de température extérieure et de longueur de portée. Deux techniques de pose par déroulage existent : avec touret mobile ou touret statique. Le schéma suivant explique très brièvement la première technique.

Étapes de la pose de câble par touret mobile



Étapes de la pose de câble par touret mobile

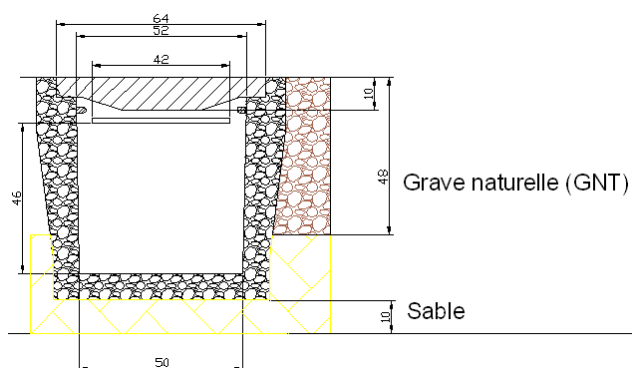
Des détails sur les techniques de pose et l'ensemble des éléments relatifs à la pose en aérien, peuvent être fournis sur demande ; ils sont volontairement omis dans ce rapport pour des raisons de concision.

2.1.5 Chambres techniques d'exploitation des câbles : chambres L3T

Nous recommandons pour la majorité du parcours l'installation de chambres en composite, ci-après appelées chambres L3T, plutôt que des chambres classiques en béton. En effet nous avons noté l'absence de centrales à béton sur la quasi-majorité du territoire. Par ailleurs, l'utilisation de chambres en composite permettra de réduire considérablement l'impact carbone du projet lié à la fabrication de chambres en béton à Nouakchott, leur transport à la base vie de chantier puis l'utilisation de camions grue pour leur installation.

Caractéristiques de pose

Un sondage permettra de vérifier que la chambre ne reposera pas sur le réseau d'un autre concessionnaire. En cas de risque d'inondation de la chambre (par exemple, à proximité d'un cours d'eau), celle-ci sera posée sur un lit de gravier avec un percement du radier afin de permettre l'écoulement de l'eau. Avant la pose des cadres, les surfaces de la chambre qui seront scellées seront soigneusement nettoyées de toute graisse. Après leur pose, les chambres seront fermées à l'aide de cadres, trappes et tampons de 125, 250 ou 400 kN. Le cadre doit présenter une saillie de 1 à 1,5 cm en prévision de la réfection de la voirie.



Chambre L3T



Exemple de chambre enterrée avec tampon en fonte

2.1.6 Synthèse des paramètres relevés

Les rapports détaillés des 25 sections seront fournis séparément, pour des raisons de concision. La synthèse présentée dans ce paragraphe comporte les quantités pour les 25 sections du projet dont 3 sont estimées en l'absence de relevé terrain du fait de routes inexistantes mais prévues dans le plan de bitumage du Ministère des Transports. Pour ces sections, listées ci-dessous, une demande des plans avant-projet de construction de la route a été effectuée :

- Boumdeid-Tidjikja
- Benichab-RN4
- Mongueul-Essawata

Ces sections représentant 337 km du projet.

Item (quantités relevées)	QUANTITATIF TOTAL (Mètre Linéaire)
Traversée de Piste	2 851
Dalot simple	201
Dalot double	416
Enrobe béton	4 057
Réfection de béton	10 189
Route bitumée	1 654
Marécage permanent	8 545
Marécage temporaire	175 929
Végétation	40 171
Foret	40 600
Chemin de fer	10
Dune	303 215
Perré maçonné	395

Béton/radier	8 344
Rivière/ravine	33 574
Poutre en béton	51 500

Tableau listant les quantitatifs pour les contraintes de pose soit 682 kms

ITEM (quantités relevées)	QUANTITATIF TOTAL(ML)
Terrain Meuble	3 047 138
Terrain rocheux très dur	215 534
Terrain rocheux moyennement dur	272 589
Terrain rocheux peu dur	616 433
Zone Urbaine	175 983
Fonçage	1 989
Encorbellement	606

Tableau listant les quantitatifs estimatifs de génie civil à créer soit 4 330 kms

2.1.7 Optimisations sur le tracé du réseau : utilisation d'infrastructures existantes

Sur 7 liaisons, nous procéderons à la location de fibre noire chez les acteurs suivants : WARCIP (1711 km), SOMELEC (62 km), la SNIM (700 km) et MAURITEL (140 km), pour un total de 2613 km de location de fibre noire.

WARCIP

Le projet d'extension du réseau dorsal en fibres optiques vise à compléter le réseau existant WARCIP pour lequel il est prévu de se procurer de la fibre noire en mode locatif et de ne pas dupliquer la pose d'infrastructure.

SNIM

Pour la section Choum-Zouerate, le terrain est très rocheux. Au vu des difficultés qui seraient rencontrées pour la construction de cette section, le prix serait probablement élevé. Du fait de la présence d'une fibre optique existante et avec de la capacité disponible résiduelle de la société SNIM sur ce tronçon, nous préconisons la location de la fibre noire sur ce tronçon.

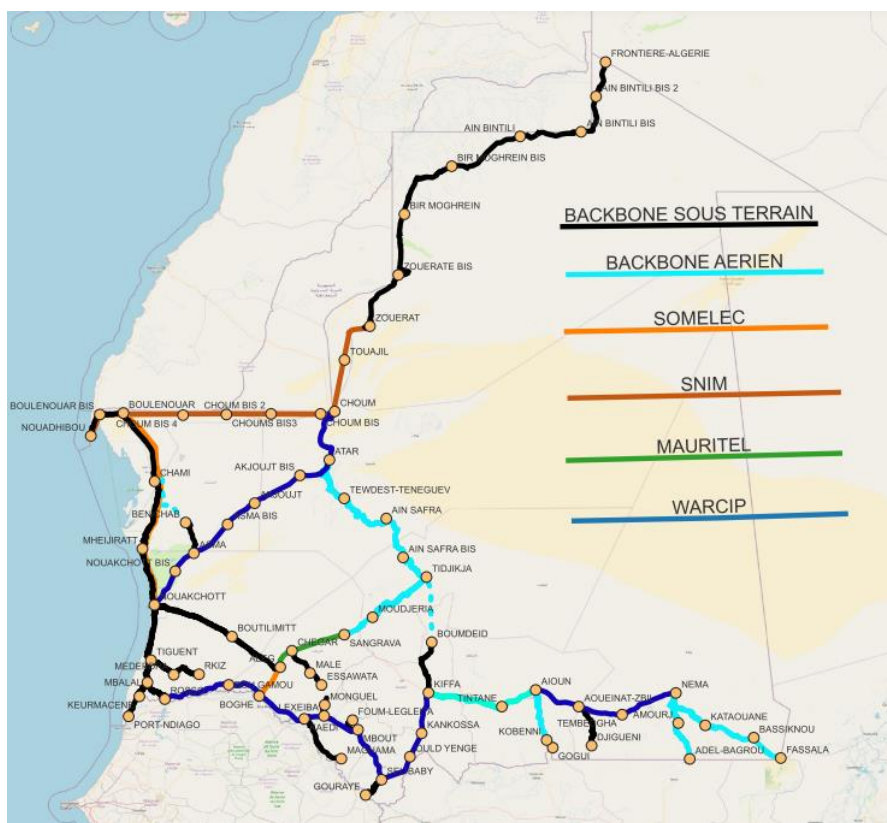
SOMELEC

Sur la base des détails obtenus, nous recommandons de faire de même sur le tronçon Aleg-Boghe où un câble à fibres optiques avec de la capacité résiduelle de la société SOMELEC est disponible.

MAURITEL

La liaison Sangrave-Aleg permettrait à terme d'améliorer la résilience du réseau grâce à la densification de la couche IP, celle-ci étant déjà installée par MAURITEL, nous recommandons de louer de la fibre noire.

Tous ces éléments étant pris en compte, nous aboutissons à un réseau final de 6943 km, incluant les liaisons à construire et les liaisons à louer. Ci-dessous, nous présentons la carte récapitulative du réseau que nous souhaitons déployer avec les sections à louer, celles à construire en aérien et les sections à construire en sous-terrain.



Carte de réseau à déployer («backbone sous-terrain et aérien »)

2.1.8 Estimation du calendrier de construction du réseau passif

Nous avons projeté un calendrier de construction du réseau sur 4 ans, qui prend en compte plusieurs contraintes de priorisation.

En premier lieu la réalisation du réseau nominal permettra d'assurer un cœur de réseau reliant les parties existantes du réseau WARCIP et d'offrir la possibilité d'une sécurisation des services, en plus de permettre d'adresser les objectifs de revenus/recettes.

Ensuite les extensions seront construites en commençant par les plus importantes en termes de population et de besoin *business*, puis en continuant le déploiement avec celles dont l'urgence/profitabilité est moindre. Les sections seront construites en « grappe » pour pouvoir les rendre opérationnelles le plus vite possible afin d'optimiser les coûts de construction et la mise en service des sections. Le calendrier exact fera l'objet d'une attention particulière en coordination avec le client.

	Année 1		Année 2		Année 3		Année 4	
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
Etudes et fournitures								
Travaux Installation et Mise en service								
Mise en service des sections à louer (WARPIC / SOMELEC / SNIM / MAURITEL)								
Construction et mise en service : NKC – NDB								
Construction et mise en service à raison de 1000 / 1500 Km par an – sections réseau nominal								
Construction et mise en service à raison de 1000 / 1500 Km par an – sections réseau nominal restantes + Sections aménagement territoire								
Construction et mise en service à raison de 1000 / 1500 Km par an – Sections aménagement territoire								
Sections dont les routes n'existent pas (MONGUEL ESSAWATA – TIDJIKJA BOUMDEID – CHAMI RN4)								
Section frontière Algérie								

Vue générale du calendrier de construction

2.1.9 Synthèse et recommandations du rapport d'études Techniques Terrain

Les études techniques terrain ont permis d'effectuer les visites de 22 sections parmi les 25 sections à construire du projet pour un linéaire total de 4330km km, dont 682 km avec contrainte de pose. Ces études ont permis de récolter les informations nécessaires sous forme d'images géoréférencées ainsi que d'informations sous forme de formulaires permettant d'alimenter la base de données SIG.

Le traitement qui a été réalisé dans les bureaux à partir des données récoltées pendant les relevés terrain a permis de consolider les quantitatifs pour chaque section permettant i) d'une part d'avoir les quantitatifs relatifs aux types de sol ainsi que les points particuliers et autres informations importantes pour la phase réalisation et ii) d'autre part, de générer la Décomposition en Quantitatifs Estimatifs (DQE) pour chaque section.

Certaines recommandations sont formulées à l'issue de ces relevés sur terrain :

- Comme indiqué plus haut, pour les 8 sections au parcours très rocheux, Atar-Tidjikja, Tidjika Boumdeid, Kiffa-Aiounelatrouss, Tidjikja-Sangrave, Aioun-Gogui, Nema-Abdel Bagrou, Nema-Fassala Benichab-RN4, nous recommandons le passage en backbone aérien.
- Pour la section Choum-Zouerate, où, du fait des caractéristiques du terrain et de la présence d'une paire de fibres optiques existante de la société SNIM, nous préconisons la location de la fibre noire.
- Comme indiqué plus haut, nous recommandons pour plusieurs raisons pour la majorité du parcours l'installation de chambres L3T en composite, nous en prévoyons 1648 à installer sur le réseau.
- La prise en compte des périodes propices de l'année du fait de précipitations faibles pour la réalisation des travaux.

2.2 Construction du réseau actif

2.2.1 Introduction

Le réseau de transport optique que nous considérons dans l'étude totalise, comme vu plus haut, une distance de 6943 km répartis comme suit :

- 1711 km de fibre noire à louer sur le réseau existant WARCIP
- 140 km de fibre noire à louer sur le réseau de l'opérateur MAURITEL
- 62 km de fibre noire à louer sur le réseau de la SOMELEC
- 700 km de fibre noire à louer sur le réseau de la SNIM
- 3508 km de fibre optique à déployer pour la partie principale du réseau
- 822 km de fibre optique à déployer pour la section Zouerate – frontière avec l'Algérie (option)

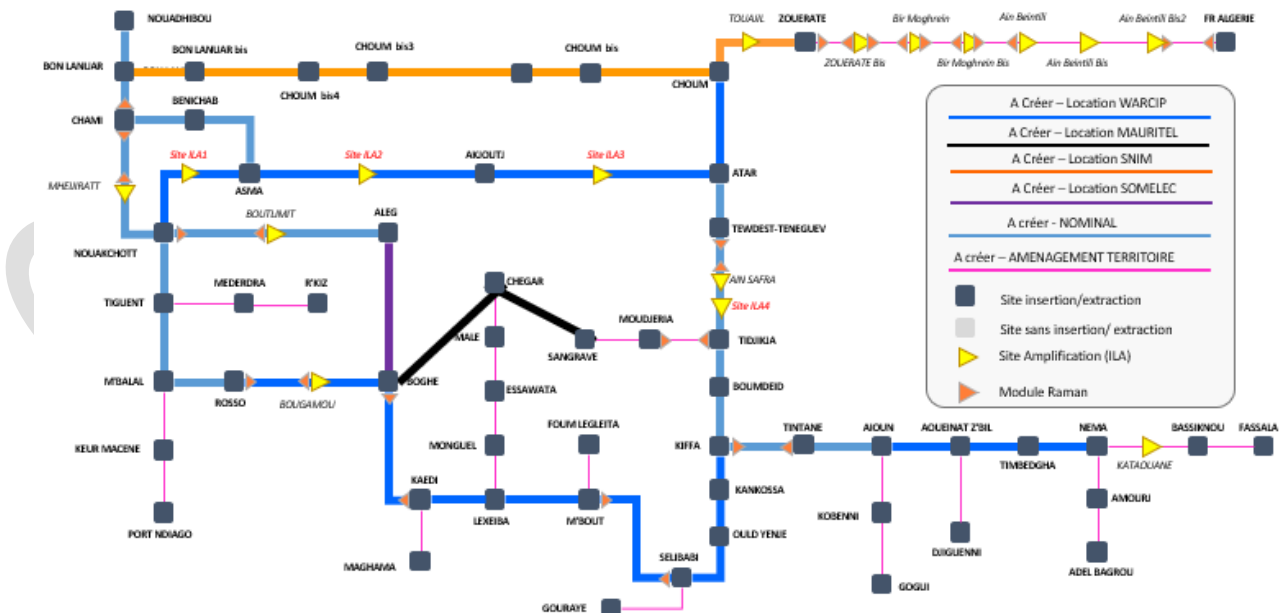
2.2.2 Le réseau WDM⁵

Caractéristiques du réseau

Le réseau se caractérise par les éléments suivants :

- Nombre de sections = 32. Ces sections point-à-point sont totalement indépendantes et se définissent par la connexion entre deux sites d'insertion/extraction de trafic.
- Nombre de sites d'insertion/extraction de trafic = 50. Ces sites « illuminent » entre une et quatre directions optiques.
- Nombre de sites d'amplification (ILA⁶) = 22

La vue synoptique du réseau est donnée ci-dessous.



Carte du réseau WDM avec numérotation des sections et nature des sites

⁵ WDM = Wavelength Division Multiplexing

⁶ ILA = In Line Amplifier

Cas particulier

Du fait de sa distance totale (822 km), d'un volume de données démographiques faible, d'une faible densité d'antennes des opérateurs télécoms et de sa situation en zone d'insécurité, la section 23 (axe vers la frontière algérienne) est traitée dans ce rapport de manière optionnelle.

Hypothèses et recommandations

En l'absence de données capacitaires prédictives précises, les hypothèses suivantes ont été faites pour les équipements WDM :

- Ingénierie optique compatible avec la transmission de 40 canaux WDM modulés à 100 Gbps chacun (facteur 10 par rapport à WARCIP soit 4 Tbps au total). L'ingénierie est homogène sur la totalité du réseau, après avoir inséré des sites intermédiaires d'amplification partout où cela était nécessaire et de l'amplification Raman (voir plus bas). Cette capacité ultime de 40x100 Gbps pourra être revue ultérieurement à la baisse si elle est jugée trop importante, où même déclinée suivant deux niveaux en fonction des sections considérées (par exemple 20x100 Gbps sur les axes les plus importants et 5x100 Gbps sur les extensions reliées au cœur de réseau par un chemin optique unique).
- Pas d'équipements de brassage SDH⁷ (hiérarchie numérique synchrone) car la majorité de ceux installés sur WARCIP sont utilisés pour pallier le manque de disponibilité de ports GbE sur le réseau. Par ailleurs aucun opérateur n'a fait la demande de ce type de technologie de transmission obsolète.
- Utilisation des mêmes sites terminaux et d'insertion/extraction que l'équipementier en place sur la paire de fibres optiques allumée de WARCIP (ZTE) pour que l'exploitation de la fibre noire et des nouveaux équipements actifs soit la plus simple possible opérationnellement. Cela évite de placer les équipements de transmission du fournisseur retenu dans d'autres sites à créer et maintenir en addition de l'existant.
- Activation d'une longueur d'onde 100 Gbps au démarrage de la vie commerciale du réseau optique. Dans chaque site d'insertion/extraction de trafic, la carte 100 Gbps est pourvue de 10 interfaces client (ports) modulés à 10 Gbps. Pour accéder à des débits client plus faibles (1 GbE par exemple), il faudra connecter un port 10G à une carte spécifique 10x1 GbE.
- Aucun équipement R-OADM⁸ n'est envisagé à ce stade de l'étude.
- Aucune protection de trafic par dédoublement des chemins optiques n'est envisagée sur la couche WDM car ces solutions sont onéreuses, ne peuvent être déployées que sur une faible partie du réseau (les extensions ne bénéficient d'aucun maillage de réseau) et nécessitent d'allouer une part significative de la bande passante sur le chemin de secours qui est déterminé à l'avance (pas de routage dynamique).
- Les sites d'amplification ILA contiennent uniquement des équipements destinés à amplifier le signal optique dans sa globalité (peigne entier de longueurs d'onde).

⁷ SDH = Synchronous Digital Hierarchy

⁸ R-OADM = Reconfigurable Optical Add-Drop Multiplexer

- L'amplification Raman se caractérise par un module spécial à disposer dans les sites d'insertion/extraction de trafic et/ou les sites intermédiaires, à la réception, de manière à « booster » le signal optique. Comme l'amplification conventionnelle de type EDFA⁹ utilisée dans les ILA, elle permet d'accroître la distance de propagation du signal lumineux. Ce type d'amplification a été évité partout où cela pouvait l'être car il présente l'inconvénient majeur d'être contraignant en exploitation (exemple : exigence de soudures optiques de très bonne qualité sur terrain, interdiction d'utiliser des connecteurs sur plusieurs dizaines de kilomètres de fibres). Néanmoins, à ce stade, 8 sections de fibre sont équipées avec ce type d'amplification Raman pour garantir une homogénéité de capacité ultime partout sur le réseau (40x100Gbps). La question reste ouverte si la capacité des sections concernées pouvait être réduite ou si des sites intermédiaires supplémentaires pouvaient être trouvés.
- Atténuation linéique des fibres optiques existantes (toutes locations confondues) et à déployer de 0,27 dB/km. Cela est basé sur les mesures effectuées sur WARCIP, même si les nouvelles fibres auraient des caractéristiques meilleures.
- Équipements entièrement qualifiés, c'est-à-dire ne faisant plus l'objet de recherche/développement interne chez le fournisseur (tant sur le matériel physique que les softwares/firmwares), déjà déployés sur terrain pour d'autres systèmes (en Mauritanie ou d'autres pays), répondant aux exigences et standards/recommandations internationaux (ex. spécifications techniques et environnementales).
- Les nœuds WDM sont optimisés économiquement et en espace au sol car les armoires/baies contiennent les différents équipements de transmission illuminant toutes les directions optiques¹⁰ (à comparer à un scénario où les équipements de chaque direction sont insérés dans des armoires dédiées, ce qui multiplierait mécaniquement leur nombre). Cela pourra être revu au cas par cas car la contrepartie est que ces armoires constituent un SPOF¹¹. Actuellement chaque nœud est équipé d'une armoire unique permettant de loger tous les équipements (une armoire occupe stricto sensu un espace au sol de 300x300 mm²).
- L'espace au sol requis pour chaque nœud d'un site existant est disponible (aucun besoin d'étendre une structure/bâtiment déjà en cours d'utilisation) ; la même hypothèse est faite pour l'énergie secondaire et la climatisation (tout est disponible).

Comme indiqué dans le rapport préliminaire, le déploiement d'équipements actifs sur des liaisons de fibres noires existantes nécessitera de caractériser ces fibres en atténuation linéique, de manière à confirmer leurs performances et le budget optique estimé. Il faudra aussi avoir une vue détaillée de l'historique de coupures sur ces mêmes fibres et pour certains cas les délais de réparation constatés pour anticiper les impacts sur le trafic client.

Description du réseau

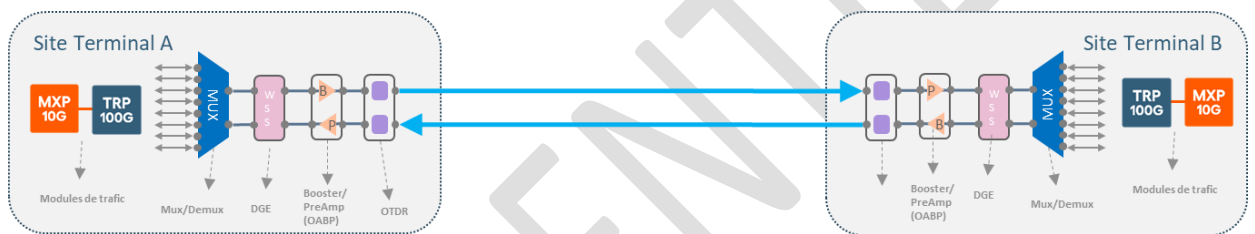
⁹ EDFA = Erbium-Doped Fiber Amplifier

¹⁰ Par exemple, le nœud Nouakchott émet/reçoit du trafic depuis Nouadhibou, Choum, Boghe et Port N'Diogo (4 directions)

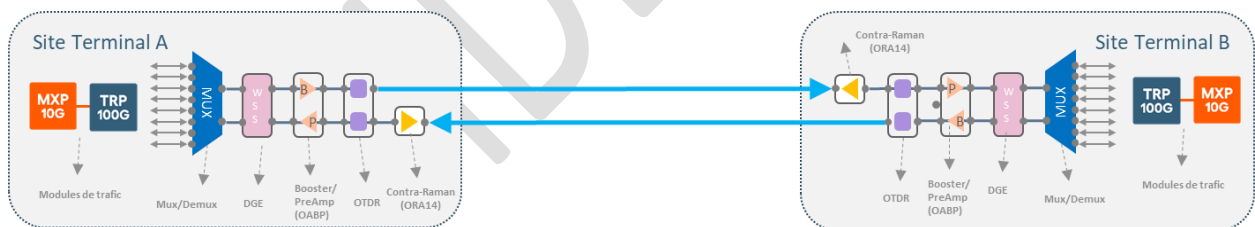
¹¹ SPOF = Single Point Of Failure

Les sections de ce réseau sont donc de quatre natures, comme présenté sur les schémas suivants, où les modules élémentaires sont :

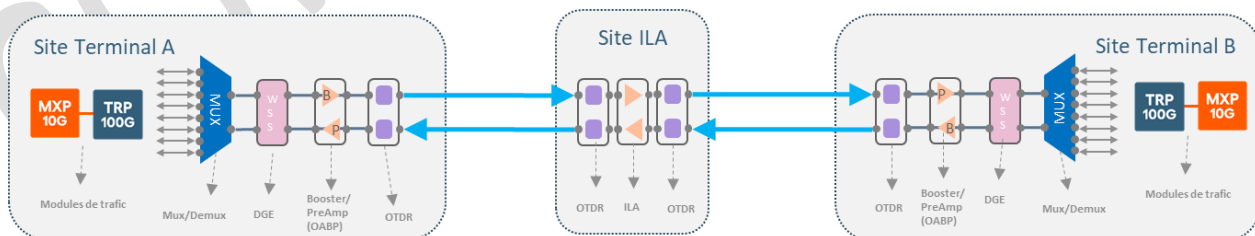
- MXP 10G / TRP 100G : carte de transmission/réception à 100 Gbps permettant de collecter 10 clients bénéficiant d'une capacité de 10 Gbps chacun
- MUX : carte permettant de multiplexer/démultiplexer les longueurs d'onde dans la fibre optique
- WSS¹² : carte permettant d'égaliser les niveaux de puissance optique
- B/P : carte permettant d'amplifier le signal optique à l'émission ou en réception
- OTDR¹³ : carte permettant de vérifier l'intégrité de la ligne par réflectométrie
- Raman : carte d'amplification Raman (voir plus haut)



Section point-à-point simple [1]



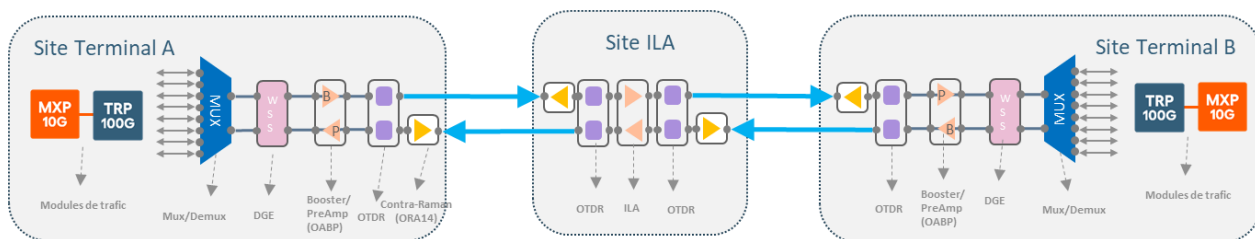
Section point-à-point avec amplification Raman contra-propagative [2]



Section point-à-point avec site d'amplification intermédiaire [3]

¹² WSS = Wavelength Selective Switch

¹³ OTDR = Optical Time Domain Reflectometry



Section point-à-point avec site d'amplification intermédiaire et amplification Raman contre-propagative [4]

Le tableau des sections est donné ci-après, avec le détail de l'architecture technologique qui dépend de la section elle-même ou des sous-sections qui la composent (voir carte, schémas précédents):

Section	Parcours	Capacité	Architecture
1	Nouakchott-Chami	40x100 Gbps	[4]
2	Chami-Nouadhibou	40x100 Gbps	[4]
3	Nouakchott-Rosso	40x100 Gbps	[1]
4	Nouakchott-Aleg	40x100 Gbps	[4]
5	Aleg-Boghe	40x100 Gbps	[1]
6	Choum-Zouerate	40x100 Gbps	[3]
7	Atar-Tijikja	40x100 Gbps	[1] & [3] & [4]
8	Kiffa-Boumdeid	40x100 Gbps	[1]
9	Boumdeid-Tikjija	40x100 Gbps	[1]
10	Kiffa-Aiounelatrouss	40x100 Gbps	[1] & [2]
11	Tiguent-Mederdra-Rkiz	40x100 Gbps	[1]
12	Tikjija-Moudjeria-Sangrave	40x100 Gbps	[1] & [2]
13	Aioun-Kobenni-Gogui	40x100 Gbps	[1]
14	Aoueintat-Zbil-Djigueni	40x100 Gbps	[1]
15	Nema-Amourj-Adelbagrou	40x100 Gbps	[1]
16	Nema-Bassijnou-Fassala	40x100 Gbps	[1] & [3]
17	Asma - Benichab	40x100 Gbps	[1]
18	Benichab RN4	40x100 Gbps	[1]
19	Kaedi – Maghama	40x100 Gbps	[1]
20	Gouraye – Selibabi	40x100 Gbps	[1]
21	M Balal - Keur Macene	40x100 Gbps	[1]
22	Keur Macene - Port Ndiago	40x100 Gbps	[1]
23	Zouerate - Bir Moghreïn - Ain Bentili - Frontière Algérie	40x100 Gbps	[4]
24	M Bout - Fouglegleita	40x100 Gbps	[1]
25	CHEGAR - Male – Essawata	40x100 Gbps	[1]
26	Lexeiba – Monguel	40x100 Gbps	[1]

27	Monguel - Essawata	40x100 Gbps	[1]
28	Nouakchott-Atar-Choum	40x100 Gbps	[1] & [3]
29	Rosso-Kiffa	40x100 Gbps	[1] & [3] & [4]
30	Aioun-Nema	40x100 Gbps	[1]
31	Aleg-Chegar-Sangrave	40x100 Gbps	[1]
32	Nouadhibou-Choum	40x100 Gbps	[1]

Tableau des sections et caractéristiques

Exploitation Supervision du réseau

Concernant la couche applicative, le réseau pourra être supervisé grâce à un logiciel NMS¹⁴ dédié, livré sous forme de licences (fréquemment une pour l'accès au logiciel proprement dit et une par nœud de réseau à raccorder, toutes étant installées pour la vie du système sans renouvellement payant à l'année).

Le gestionnaire est constitué d'un ensemble d'outils permettant la gestion quotidienne et en temps réel du réseau en mettant en corrélation les informations « réseau » et celles relatives aux services. Il est accessible de deux façons :

- Depuis un ordinateur portable – l'application de type Craft terminal, programmée en langage Java, est téléchargée à partir du châssis de l'équipementier lorsque l'utilisateur se connecte physiquement au châssis à l'aide de son ordinateur et ouvre une session à l'aide d'un navigateur Web standard. Le Craft terminal fournit une vue graphique de la MIB¹⁵ de l'équipement interrogé.
- Depuis l'ordinateur déployé au NOC¹⁶ (Centre de Supervision du Réseau), grâce à une interface web qui donne accès à toutes les fonctionnalités pour suivre l'état du réseau en temps réel (existence d'alarmes ou d'évènements particuliers, performances des cartes de transmission ou des fibres optiques, etc.), d'anticiper les changements topologiques de réseau (upgrade de capacité pour des sections, extension ou reroutage de fibre optique), de produire les circuits, etc.
 - o Architecture Client/Serveur
 - o Supervision des équipements WDM
 - o Exploitation et maintenance des équipements
 - o Gestion des équipements et services
 - o Découverte automatique des nouveaux équipements
 - o Placement géographique des équipements par coordonnées GPS
 - o Gestion des alarmes (Critique, majeur, mineur, indéterminé) et fonctionnalité de filtrage
 - o Gestion de la qualité de transmission (Performance Monitoring)
 - o Gestion des utilisateurs (sécurité, droits d'accès)

¹⁴ NMS = Network Management System

¹⁵ MIB = Management Information Base

¹⁶ NOC = Network Operating Center

- Fonctionnalité de maintenance (mise à jour logicielle, Backup/Restore du réseau, ...)
- Sauvegarde des activités et événements sur le réseau (LOG)

Quatre équipements d'insertion/extraction de trafic (nœuds WDM) seront définis comme GNE¹⁷ pour permettre aux serveurs du NMS d'accéder à la globalité des nœuds de réseau à superviser (72 sites d'amplification ou de gestion de trafic) avec un niveau de redondance satisfaisant. En pratique cela revient à insérer dans l'équipement WDM une carte spécifique IP à configurer. Chaque nœud WDM est interconnecté aux autres et permet ainsi aux requêtes émises depuis le NMS d'être acheminées depuis un GNE jusqu'au nœud/NE interrogé. Ces GNE pourraient être situés à Nouakchott, Atar, Kiffa et Boghe.

Les informations de chaque NE/GNE sont stockées localement dans la carte de management. L'échange d'informations entre les GNE et les autres nœuds du réseau se fait via un DCN (Data communication network) « out-band » qui est dans l'OSC¹⁸ des amplificateurs ou « in-band » qui correspond au DCC¹⁹ embarqué dans les modules 100G Coherent (plus précisément dans l'overhead du FEC²⁰).

Le stockage des informations/données du réseau global se fait dans un serveur dédié au NMS qui doit être redondé en mode maître/esclave (ou principal/secours) pour garantir la robustesse de l'architecture et s'assurer que l'état du réseau soit interrogeable à tout moment. Théoriquement, ces deux serveurs peuvent être disposés n'importe où sur le territoire mauritanien ou à l'étranger si la gestion de réseau est opérée à distance, dans des data centers différents ou deux salles distinctes d'un même data center par exemple (cela est fréquemment le cas).

La communication entre ces deux serveurs et i) les nœuds, ii) les GNE, iii) d'autres serveurs comme le serveur NTP (horloge de réseau) se fait grâce à quatre routeurs IP dédiés à la supervision et l'administration du réseau WDM, connectés aux quatre GNE définis plus haut.

2.2.3 Le réseau IP

Intérêt d'un réseau IP

Bien que la couche IP (Internet Protocol²¹, adressage et le routage des données) ne fasse pas partie du cahier des charges initial soumis par le MTNIMA, ce « deuxième » réseau est proposé dans ce rapport en tant qu'option car il peut s'avérer complémentaire au réseau WDM (transmission physique des signaux) pour deux raisons :

- Intérêt technique – il y a un intérêt technique à déployer un réseau IP dans la mesure où il permet de sécuriser une partie trafic en lui offrant une diversité de

¹⁷ GNE = Gateway network element

¹⁸ OSC = Optical Supervisory Channel

¹⁹ DCC = Data Communication Channel

²⁰ FEC = Forward Error Correction

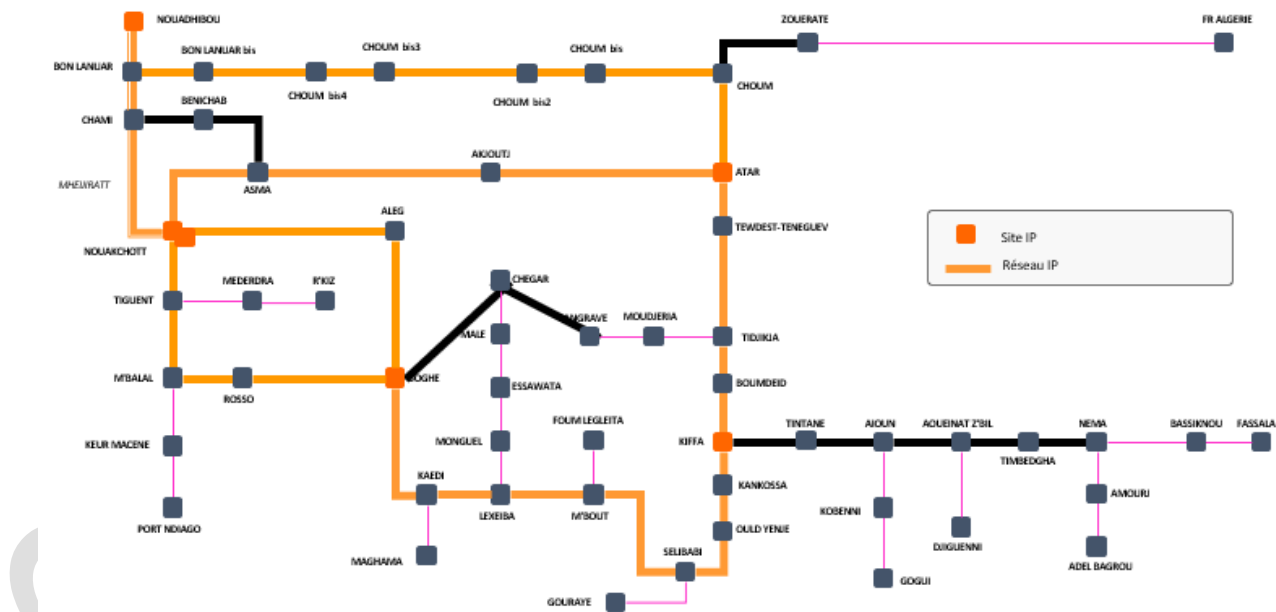
²¹ Famille de protocoles/langages de communication entre équipements (ex. ordinateurs, téléphone) du réseau Internet

chemins logiques grâce au routage dynamique en cas de coupure de fibre. Cela n'est bien sûr possible qu'entre les nœuds formant le réseau IP (voir carte plus bas).

- Intérêt commercial – il y a un intérêt commercial lié au point précédent puisque la couche IP permet d'ajouter au catalogue de services, en plus des solutions de transport standard de type IPL²² déjà offertes sur le réseau WARCIP, une offre plus évoluée de type EVPL²³ qui permet de garantir un niveau de disponibilité du trafic beaucoup plus important et engageant. Il permettrait également d'anticiper la création éventuelle d'offres de type IP transit dans un contexte à définir. Le catalogue des services est décrit plus loin dans le rapport.

La création de ce réseau nécessitera l'installation d'équipements particuliers dans certains nœuds de réseau. Ces équipements seront connectés au réseau WDM tel qu'il a été décrit ci-dessus, ils ne nécessiteront pas la pose de fibres optiques additionnelles.

Description du réseau IP



Carte du réseau IP

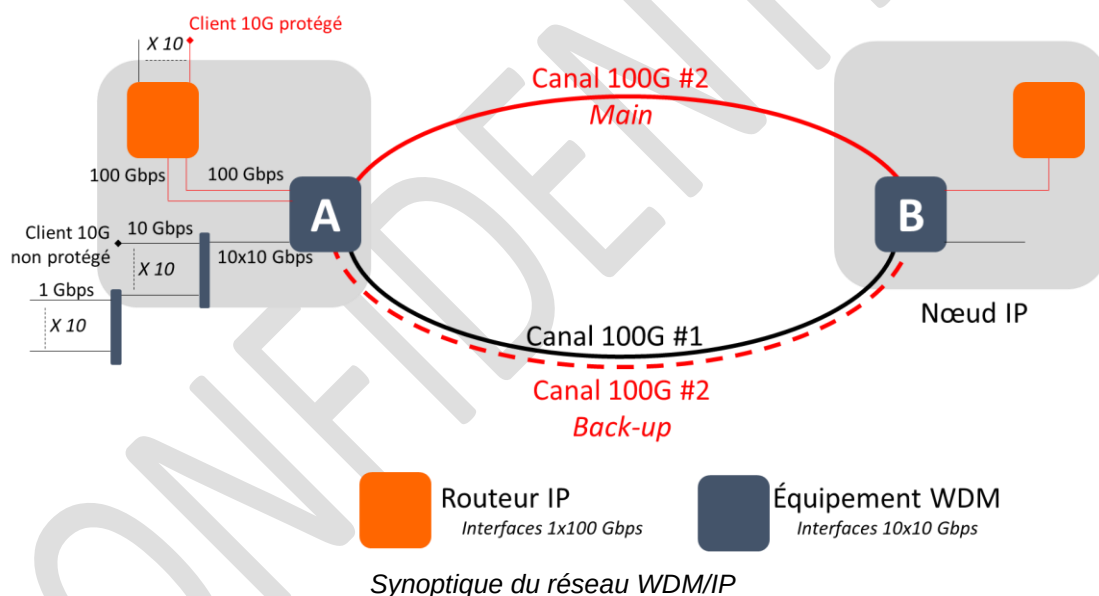
À ce stade, ce réseau permet de relier cinq sites majeurs du réseau (Nouakchott, Nouadhibou, Atar, Kiffa et Boghe) avec la particularité à Nouakchott de déployer deux routeurs IP pour augmenter la résilience de ce nœud précis. Pour exemple, un client désirant de la capacité protégée entre Boghe et Kiffa pourra donc bénéficier de la route principale, la plus courte, passant par Kaedi, ou de la route secondaire, en cas d'indisponibilité de la première, passant cette fois-ci par Nouakchott/Atar.

²² IPL = International Private Line

²³ EVPL = Ethernet Virtual Private Line

Ce premier réseau IP, bâti sur six nœuds IP, pourra être étendu, modifié au cours de la vie du réseau global, en fonction des opportunités commerciales ou du maillage plus dense de sa couche WDM. Il exige de déployer à la mise en service du système WDM/IP des canaux WDM spécifiques pour les sites hébergeant des équipements WDM et IP, qui auront pour vocation de transporter les capacités protégées demandées par les clients. Contrairement à l'utilisation faite sur la couche WDM, ces cartes auront un accès client à 100G (de type LR4) et non 10x10G comme cela est illustré sur la figure de principe suivante où :

- Les blocs gris représentent deux nœuds WDM/IP
- La longueur d'onde 1 porte le trafic non protégé par multiples/agrégats de 10G ou même 1G (cascade de multiplexage)
- La longueur d'onde 2 porte le trafic protégé par mêmes multiples, mais à travers les routeurs IP. Le chemin de secours est représenté en pointillés.



Les circuits protégés ne pouvant l'être qu'entre nœuds IP, les circuits créés de bout-en-bout sur la couche WDM devront traverser plusieurs sections ; ce seront des circuits « express » qui exigeront de déployer dans les sites délimitant les sections des paires de cartes 100G disposés en configuration dos-à-dos (aucune extraction/addition de trafic). Économiquement, cela veut dire que le premier circuit client protégé coûtera obligatoirement cher car il nécessitera de mettre en place toute l'infrastructure WDM liée aux circuits 100G « dédiés » aux routeurs IP. Par ailleurs la coexistence d'un réseau à fibres optiques protégé et non protégé impliquera la formulation d'engagements de qualité (SLA²⁴ /KPI²⁵) dépendant à la fois de la nature du service souscrit (bande passante protégée ou non) et du parcours exact du circuit associé dans le réseau.

²⁴ SLA = Service Level Agreement

²⁵ KPI = Key Performance Indicator

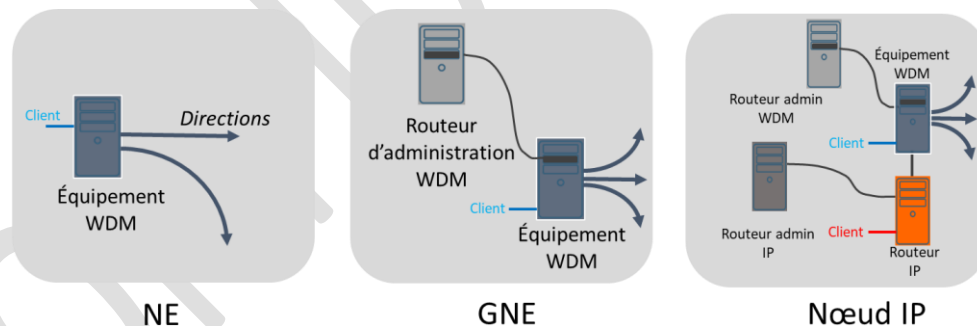
Dans tous les cas, les équipements IP seront hébergés dans des armoires dédiées, distinctes des armoires « WDM » dans les sites concernés.

Il faut s'assurer que pour chacun de ces six PoP²⁶ IP, les routeurs auront accès à Internet car c'est la solution de communication entre eux en cas de défaillance du DCN principal (out-of-band DCN).

Ce réseau n'étant pas connecté à Internet (il s'agit dans notre scénario d'un réseau IP privé), aucun protocole d'échange de route externe de type BGP²⁷ ne sera activé et il n'y aura donc pas de création d'AS²⁸ particulier. La création d'un réseau visible et atteignable depuis Internet pour des services IP « naturels » (comme l'IP transit), qui donnerait accès à l'internet mondial à ce réseau mauritanien, nécessiterait la présence d'au moins un opérateur transitaire comme OTI (réseau de transit IP international d'Orange, AS 5511).

Supervision Exploitation du réseau IP

Comme pour le réseau WDM, la couche IP a besoin de routeurs de supervision/administration (DCN²⁹), au nombre de cinq, disposés dans les nœuds WDM/IP et connectés sur le port com du routeur principal qui gère les circuits à proprement parler. Les différents types de nœud sont illustrés ci-dessous.



Catégories de nœuds du réseau WDM/IP

Pour information, il existe aujourd'hui quatre fabricants principaux de produits IP : Cisco et Juniper (américains, leaders du marché), Nokia pour l'Europe et Huawei qui est bien implanté sur le continent africain.

2.3 Options

Comme discuté plus haut, deux options techniques sont singularisées dans cette étude :

²⁶ POP = Point Of Presence

²⁷ BGP = Border Gateway Protocol

²⁸ AS = Autonomous System

²⁹ DCN = Data Communication Network

- La section Zouerate – frontière avec l'Algérie, qui est un axe de transport optique pur
- L'opportunité d'un réseau IP à portée et vocation réduite dans un premier temps

Ces deux options ayant un impact financier (montants des investissements financiers principalement) et technique (ex. consommation énergétique, espace au sol, parc de matériel à maintenir) sur le projet, elles seront cotées de manière individualisée.

3. ÉTUDES D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES)

L'EIES³⁰ réalisée a pour objectif d'identifier et de mettre en lumière les impacts positifs et négatifs de la mise en œuvre du projet de réseau dorsal à fibre optique. Ce projet aura des impacts positifs très importants dans la mesure où il renforcera le développement économique des régions traversées par le backbone. Cependant, il faut s'attendre à des répercussions négatives, notamment sur les ressources floristiques et la faune sauvage. Cette étude permet également de proposer des mesures d'atténuation qui permettront, à défaut d'enrayer les impacts négatifs, de les réduire à des niveaux acceptables. De manière plus spécifique, l'étude vise à :

- Identifier les impacts positifs et négatifs au cours des différentes phases du projet, en particulier durant les travaux de pose du câble, sur les différentes composantes de l'environnement.
- Proposer des mesures d'atténuation réalistes qui permettront au projet d'éliminer ou de réduire ces impacts négatifs et éventuellement de proposer des mesures de bonification pour les retombées positives du projet
- Proposer un plan de suivi environnemental qui permettra d'évaluer l'efficacité des mesures d'atténuation et de rectifier, le cas échéant, les mesures qui n'atteignent pas les résultats escomptés.
- Établir un budget prévisionnel pour la mise en œuvre des mesures d'atténuation et de bonification identifiées.

3.1 Méthode d'élaboration du rapport

La démarche méthodologique suivante a été adoptée pour réaliser cette étude :

- Documentation :
Une revue de la documentation relative au projet a permis d'appréhender la nature des aménagements et travaux prévus et d'identifier les acteurs clés du processus de consultation du public. D'autres documents généraux sur les wilayas d'intervention, fournis par les services techniques déconcentrés, ou des documents scientifiques, ont permis de faire une caractérisation du cadre biophysique et socio-économique de la zone d'intervention et d'établir le cadre juridique et réglementaire qui régit la réalisation du projet.
- Expertise :
Dans un premier temps, les jugements d'experts ont permis de suivre le parcours du projet afin d'appréhender les conditions environnementales et les détails techniques du projet. Dans un deuxième temps, ils ont permis de proposer les modalités opérationnelles pour

³⁰ Etude d'impact environnemental et social

organiser des séances de consultation du public avec les collectivités locales, les populations locales, les différents concessionnaires et les services techniques. Ces derniers sont susceptibles d'être affectés, soit par leur implication dans le projet, soit en raison des impacts potentiels du projet sur leurs activités.

- Traitement et analyse de l'information :

Cette étape a consisté à identifier et évaluer les modifications négatives et positives découlant de la réalisation du projet sur l'environnement physique et les impacts sur les milieux humain et biologique.

Les éléments pris en compte et analysés pour cette EIES sont de plusieurs ordres :

- Les caractéristiques du projet :
 - o Les caractéristiques du câble fibre optique
 - o Les modes de pose du câble
 - o Les matériels de terrain
- Le milieu physique :
 - o Climat
 - o Sols et végétation
 - o Hydrographie de la zone du projet
 - o Biodiversité
- Le milieu humain
 - o La dimension sociale : population, santé, société civile, cadre social, milieu culturel, milieu économique,
 - o La zone d'influence du projet : zone directe et zone élargie
- Le cadre politique institutionnel, légal et réglementaire
 - o La politique environnementale de la République Islamique de Mauritanie, définie par la Stratégie Nationale de Développement Durable³¹ et le Plan d'Action National pour l'Environnement³²
 - o Le cadre réglementaire national
 - o Le cadre réglementaire international
 - o Les politiques de sauvegarde environnementale et sociale de la Banque Mondiale
- Le niveau de sensibilité du milieu

Suite aux analyses globales, une étude détaillée sur chacun des tronçons de réseau a été réalisée permettant d'identifier tronçon par tronçon les impacts, positifs et négatifs, les mesures d'atténuation et de bonification, et les budgets associés.

L'étude complète EIES est fournie en annexe de ce présent rapport. Les chapitres suivants présentent la synthèse des résultats de cette étude.

³¹ SNDD

³² PANE

3.2 Détails des impacts positifs du projet

Le projet contribuera de manière significative à générer des effets positifs majeurs d'ordre divers. En effet, l'accès au réseau ouvre d'importantes opportunités en ce qui concerne la mise en place d'une infrastructure haut débit. De façon spécifique, le projet de connexion à fibre optique comporte les effets positifs listés ci-après.

3.2.1 Réduction des coûts liés à l'accès aux TIC

Les coûts d'accès au service internet en Mauritanie sont très prohibitifs d'après les utilisateurs. À titre d'exemple, en Mauritanie des connexions sans fil sont à partir de 1500 MRU par mois pour un débit de 56k, ce qui est très insuffisant par rapport aux besoins actuels. Pour avoir un débit de 512k, il est nécessaire de payer au minimum 2000 MRU par mois. Le caractère exorbitant des coûts d'accès limite l'usage d'internet en Mauritanie à quelques privilégiés. Toutefois, avec la mise en service du réseau à fibre optique, les coûts d'accès à la connexion seront plus accessibles pour les opérateurs et, par conséquent, pour les utilisateurs finaux.

3.2.2 Amélioration des conditions d'accès au service Internet

La plupart des utilisateurs considèrent que le niveau de service de la connexion internet est extrêmement faible. La connexion est lente et ne permet pas d'exécuter plusieurs opérations ou services tels que le téléchargement de fichiers. La mise en service du réseau à fibre optique qui offrira une connexion haut débit permettra d'améliorer sensiblement les conditions d'accès au service internet et facilitera le téléchargement de plusieurs applications jusque-là inaccessibles à cause de la faiblesse du débit.

3.2.3 Renforcement de la démocratisation de l'accès aux services internet

Le taux de pénétration d'Internet en Mauritanie est encore relativement faible. La couverture spatiale du point de vue de l'accès étant limitée principalement aux grandes agglomérations. Il n'était pas rentable pour les opérateurs privés de se déployer dans les autres wilayas du fait de leur éclatement et de leur éloignement. Avec la mise en œuvre du projet de réseau optique qui offrira des conditions d'accès à coût optimisé et du très haut débit, l'extension du réseau aux localités non desservies pourrait s'envisager. En effet, le réseau tel qu'il est proposé permet de couvrir 79% des moughataas. De ce fait, on assistera à une meilleure couverture de l'accès à internet dans le pays.

3.2.4 Création d'emplois liés aux TIC

Les technologies de l'information et de la communication de manière générale ouvrent des perspectives importantes de développement socio-économique. Les services internet permettent la création de multiples activités connexes. L'ouverture et la démultiplication des cybercafés et les activités de téléservices sont directement liées à l'augmentation et à l'accessibilité des nouvelles technologies de l'information et de la communication. La promotion de ce secteur contribuera à la création de plusieurs centaines d'emplois, notamment chez les jeunes.

3.2.5 Développement des services liés aux TIC

La mise en service du réseau va favoriser le développement des NTIC et des télécommunications qui se feront notamment grâce à la mise en œuvre d'une infrastructure haut

débit à fibre optique sur l'ensemble du pays. Cette nouvelle infrastructure permettra une couverture élargie de la téléphonie mobile à haut débit « 3G et 4G » qui va créer un effet d'entraînement sur le développement de produits adaptés à cette technologie. La nouvelle technologie ainsi disponible va stimuler la vente des nouveaux portables et accroître la demande en termes d'accès aux services d'internet et de téléphonie mobile.

3.2.6 L'accès des établissements scolaires à Internet

L'éducation et la formation sont à l'heure actuelle fortement liées aux nouvelles technologies de l'information et de la communication. Une éducation et une formation de qualité qui répondent aux exigences du troisième millénaire sont associées à un accès équitable des enseignants et des élèves aux NTIC et à l'internet. Compte tenu des difficultés liées à la connexion des écoles du fait du coût prohibitif de cette opération dans le passé, la mise en service du backbone à fibre optique offre de nouvelles opportunités pour l'équipement des établissements d'enseignement en Mauritanie en centres multimédias avec connexion Internet.

3.2.7 Mise en place d'une administration numérique

L'amélioration des services au niveau de l'administration publique pourrait être effective avec l'accès des établissements publics à une connexion internet améliorée. Ce service de qualité pourrait être mis en place grâce à la connexion au réseau qui constitue un réseau haut débit. Les principaux effets positifs liés à la mise en place d'une administration numérique reposent sur le renforcement de la qualité de service au niveau de l'administration, la diligence dans le traitement des dossiers, l'amélioration de la communication au niveau des différents services et l'augmentation de la productivité.

3.2.8 L'accès à internet pour l'enseignement supérieur, la recherche et la santé

De manière générale, toute économie moderne a nécessairement besoin des nouvelles technologies de l'information et de la communication. L'accès à l'internet apparaît de manière fondamentale comme un vecteur de développement. Tous les secteurs économiques, principalement ceux de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, dépendent fortement de l'accès aux NTIC pour leur développement. En effet, le partage des données de recherche et la publication des résultats de la recherche sont fortement liés à une disponibilité et une accessibilité d'une connexion de qualité à l'Internet. De même, dans le secteur de la santé, l'émergence de la télémédecine est apparue comme une nouvelle opportunité pour compenser le déficit en personnel soignant dans certaines localités du pays et améliorer la couverture médicale. Ainsi, l'amélioration de la connectivité consécutive à la mise en service du backbone permettra d'accéder à l'ensemble de ces services.

3.2.9 Synthèse des impacts majeurs positifs

Phase	Impacts positifs
Construction	Emploi probable pour les populations locales et les PME locales lors des travaux
	Intensification des activités économiques et commerciales autour du chantier
Exploitation	Réduction des coûts liés à l'accès aux TIC
	Services accessibles au grand public
	Amélioration des conditions d'accès au service Internet
	Amélioration des équipements d'accès
	Renforcement de la démocratisation de l'accès aux services internet

	Création d'emplois liés au TIC ;
	Développement des services liés aux TIC à travers le pays
	L'accès des établissements scolaires à Internet par la mise en place de centre multimédias
	Mise en place d'une administration numérique au niveau de la fonction publique
	L'accès à internet pour l'enseignement supérieur, la recherche et la santé etc.

3.3 Synthèse des impacts négatifs du projet

3.3.1 Impacts sociaux

Phase	Impacts négatifs
Construction	● Risque de perturbation d'activités économiques le long de l'emprise ● Perturbation/obstruction des voies de circulation pendant la réalisation des tranchées ● Risque d'accidents lors des travaux (mauvaise signalisation des fouilles) ● Non utilisation de la main d'œuvre locale ● Perte de revenus pour les personnes implantées sur le long de l'axe ● Perte de biens des agriculteurs installés le long de la voie ● Perturbation de la mobilité dans la zone du projet ● La fragilisation des moyens d'existence ● Risque de conflits sociaux en cas de non-emploi local ● Risque de propagation des IST/VIH/SIDA sur les populations et les ouvriers ● Risque de dégradation de vestiges culturels en cas de fouilles
Exploitation	● Risque de vol, de pillage d'effraction et de sabotage des chantiers ● Risque de perturbation lors de l'entretien du réseau

3.3.2 Impacts environnementaux

Phase	Impacts négatifs
Construction	● Impact sur la qualité de l'air par une dégradation temporaire et locale de la qualité de l'air ● Risque d'érosion ● Risque de modification de la structure des sols et risques d'érosion sur le tracé du projet ● Risque d'impact sur la flore (mineur) ● Perturbation des habitats naturels ● Impact sur le milieu et risque de pollution des eaux ● Pollution du milieu par les rejets des déchets issus des travaux <u>Travaux en milieu aquatique</u> ● Accroissement de la turbidité des eaux et augmentation de la mise en suspension des sédiments ● Pollution du milieu et des eaux par les déchets de travaux ● Perturbation des fonds lors de l'enfouissement du câble
Exploitation	● Risque de pollution du milieu lors de l'entretien du câble

3.3.3 Les mesures d'atténuation des impacts négatifs

Le projet a déjà envisagé des mesures environnementales et sociales qui portent sur des travaux de construction et de remise en état du parcours de la fibre. Les aménagements proposés se fixent comme objectif de :

- Éviter le déplacement de populations et les pertes d'activités lors de la mise en œuvre du projet
- Limiter les nuisances en veillant à une gestion méthodique des tranchées et des déblais
- Baliser les travaux et assurer les conditions de sécurité sur l'ensemble du chantier
- Sécuriser le câble sur les zones sensibles du tracé notamment dans les wilayas où le sol est argileux
- Mettre en place un dispositif de remise en état du site au cahier de charge

Mesures générales d'atténuation d'impacts négatifs

Mesures d'exécution générales de travaux de génie civil (terrassement, fouilles, etc.)	Mesures d'atténuation proposées
	• Prévoir des mesures techniques et/ou légales afin de protéger les zones du tracé du vandalisme ou type de dégradation • Baliser correctement le tracé du projet • Mener une campagne de communication et de sensibilisation avant et après les travaux • Veiller au respect des mesures d'hygiène et de sécurité sur les chantiers • Employer la main d'œuvre locale en priorité • Veiller au respect des règles de sécurité lors des travaux • Assurer la collecte et l'élimination des déchets issus des travaux • Impliquer étroitement la Mairie de ville dans le suivi de la mise en œuvre • Impliquer les concessionnaires de réseau d'eau, d'électricité et de téléphonie • Indemniser les personnes affectées en cas de destruction de biens ou de pertes d'activités

Mesures d'atténuation des impacts environnementaux

Phase	Impacts négatifs	Mesures d'atténuation proposées
Construction	• Impact sur la qualité de l'air par une dégradation temporaire et locale de la qualité de l'air	• Arrosage des zones d'intervention pour limiter les envols de poussière
	• Risque d'érosion côtière au niveau de la plage des sablières	• Capotage des camions qui transportent les matériaux • Sensibilisation des entrepreneurs sur les normes de gestion de l'environnement ; • Contrôle et vérification technique des engins et des véhicules qui interviennent sur le chantier
	• Risque de modification de la structure des sols et risques d'érosion sur le tracé du projet	• Compenser les matériaux déplacés lors du creusage de la berge

	Risque d'impact sur la flore (mineur) et la perturbation des habitats naturels dans le milieu	Éviter l'abattage d'arbres lors de la mise en œuvre du projet
	Impact sur le milieu et risques de pollutions des eaux	Implication des services de l'environnement dans la surveillance des travaux
	Pollution du milieu par les rejets des déchets issus des travaux	- Collecte et évacuation des déchets vers une décharge autorisée - Signalisation routière et sensibilisation des usagers - Équipements de protection pour les travailleurs
	Risque de dégradation de vestiges culturels en cas de fouilles	Application des procédures du ministère de la culture en cas de découvertes de vestiges
Exploitation	Risque de pollution du milieu lors de l'entretien du câble ;	Éviter le déversement de produits toxiques ou hydrocarburé lors de l'entretien

Mesures d'atténuation des impacts sociaux

Phase	Impacts négatifs	Mesures d'atténuation proposées
Construction	Risque de perturbation d'activités économiques le long de l'emprise	Informar et sensibiliser les populations riveraines durant les travaux
	Perturbation/obstruction des voies de circulation pendant la réalisation des tranchées	Optimiser les tracés pour éviter la démolition de maisons ou autres équipements
	Risque d'accidents lors des travaux (mauvaise signalisation des fouilles)	Planifier l'acheminement des matériels (et des activités en général) de telle sorte qu'il se déroule (autant que possible) en dehors des heures de trafic
	- Non utilisation de la main d'œuvre locale - Perte de revenus personnes implantées sur le long de l'axe - Perte de biens des horticulteurs installés le long de la voie	Indemniser les personnes affectées par le projet
	Perturbation de la mobilité dans la zone du projet	Préciser dans les plans des balises appropriées ainsi qu'un éclairage adéquat pour prévenir les accidents

		• Prévoir des voies d'écoulement des eaux et situer les exutoires de manière à éviter les inondations
	• Risque de propagation des IST/VIH/SIDA sur les populations et les ouvriers	• Informer et sensibiliser les populations riveraines durant les travaux
	• La fragilisation des moyens d'existence	• Réaliser les travaux en coordination avec les concessionnaires de réseaux de téléphonie, d'électricité et d'eau pour limiter les perturbations
Exploitation	• Risque de vol, de pillage d'effraction et de sabotage des chantiers • Risque de conflits sociaux en cas de non-emploi local	• Informer les populations riveraines durant les travaux
	• Risque de perturbation de la mobilité lors de l'entretien du réseau	• Informer et impliquer les autorités locales dans la mise en œuvre du projet

3.3.4 Comparatif des situations « avec » et « sans » projet

Effets positifs de la situation « sans projet »

La situation « sans projet » aurait, par définition, aucun d'impact sur le milieu naturel et le milieu socio-économique de la zone d'intervention du projet. En effet, En l'absence du projet, les populations riveraines, ainsi que les divers usagers du domaine routier ou proche routier ne souffriraient pas des contraintes de mobilité, de pertes de revenus et de risques d'accidents engendrés par les travaux.

Effets négatifs de la situation « sans projet »

La situation « sans projet » permettrait certainement de maintenir comme tels, les milieux traversés par le réseau. Les effets négatifs de cette situation sans projet seraient les suivants : la persistance des problèmes d'accès à la connexion Internet pour les pouvoirs publics et la majorité des populations, le renchérissement des coûts de connexion auprès des divers opérateurs, la médiocrité du service (faible débit) pour les divers usagers et un retard considérable de la Mauritanie par rapport à l'accès aux NTIC. Ce dernier élément engendrerait, de façon significative, une baisse de l'essor économique, de l'éducation et de la productivité.

En dépit des effets négatifs du projet qui, d'ailleurs, s'avèrent parfaitement maîtrisables, le contexte de réalisation du projet de backbone optique enterré apparaît comme une opportunité unique pour la Mauritanie de se doter d'une infrastructure d'avenir en mesure de lui garantir :

- La réduction de la fracture numérique en permettant à l'ensemble de la population d'accéder à des services innovants, même pour les zones les plus isolées
- La facilitation du déploiement de tous les opérateurs sur les sites desservis par le réseau national
- Une baisse du prix du haut débit en créant une concurrence saine et bénéfiques aux Mauritaniens

- Un déploiement du très haut débit en zone d'activités économiques et sociales (recherche, santé et industrie)
- L'introduction de la téléphonie mobile de troisième et quatrième génération, dite « téléphonie 3G et 4 G » etc.

4. RELEVÉS SUR TERRAIN

Cette partie vise à évaluer le coût des mesures d'atténuation des impacts négatifs du projet sur son environnement.

4.1 Synthèse des coûts des mesures palliatives

Les coûts estimatifs de la prise en compte des mesures de mitigation environnementales et sociales, sont ainsi estimés 5 186 780 MRU en phase de travaux (soit 134 955 €). Ces coûts sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tronçons	Coût des mesures d'atténuations des impacts négatifs (MRU)	Coût des mesures d'atténuations des impacts négatifs (€)
1. NOUAKCHOTT-CHAMI	96 200	2 501
2. CHAMI-NOUADHIBOU	91 000	2 366
3. NOUAKCHOTT-TIGUENT – ROSSO	192 900	5 015
4. NOUAKCHOTT-BOUTILIMIT – ALEG	207 550	5 396
5. ALEG-BOGHE	179 800	4 675
6. CHOUM-FDERIK – ZOUERATE	108 000	2 808
7. ATAR-TIDJIKJA	208 500	5 421
8. KIFFA - BOUMDEYDE (TIDJIKJA - KIFFA)	143 500	3 731
9. KIFFA-GUERROU - TINTANE - AIOUN EL ATROUSS	282 500	7 345
10. TIGUENT - MEDERDRA – RKIZ	244 000	6 344
11. TDJIKJA – SANGRAVE	130 558	3 395
12. KOBENNI - GOGUI – AIOUN	223 000	5 798
13. AOUEINATE EZBIL – DJIGUENNI	266 500	6 929
14. NEMA- AMOURJ- ADEL BEGROU	263 300	6 846
15. NEMA- BASSIKNOU- FASSALE	226 000	5 876
16. ASMA – BENICHAB	226 500	5 889
17. KAEDI – MAGHAMA	280 000	7 280
18. GOURAYE – SELIBABY	252 200	6 557
19. MBALAL - KEUR MACENE	299 300	7 782
20. KEUR MACENE - PORT NDIAGO	305 400	7 940
21. ZOUERATE- BIR OUM GREIN - AIN BEN TILI – FRONTIERE	150 000	3 900
22. MBOUT - FOUM GLEITA	382 000	9 932
23. CHEGAR-MALE-ESSAWATA	339 000	8 814

24. LEXEIBA-MONGUEL	89 000	2 314
COUT TOTAL	5 186 708	134 855

Coûts des Mesures d'impacts environnementales et sociales

N°	Mesures	Coût (MRU)	Cout (Euros)
	<i>Phase de travaux</i>		
1	Mesures générales d'atténuation des nuisances liées à l'exécution des travaux	Inclus dans le contrat de l'Entreprises	Inclus dans le contrat de l'Entreprises
2	Clauses environnementales et sociales à insérer dans les DAO et les dossiers d'exécution	Inclus dans le contrat de l'Entreprises	Inclus dans le contrat de l'Entreprises
3	Mesures de lutte contre la pollution et les nuisances lors des travaux, (PGES)	Inclus dans le contrat de l'Entreprises	Inclus dans le contrat de l'Entreprises
4	Mesures sociales liées aux pertes de biens socioéconomiques	2 000 000 MRU	52 000 Euros
5	Appui au suivi des TP, Mairie	1 500 000 MRU	39 000 Euros
6	Mesures d'aménagement et de réhabilitation de la voirie	Inclus dans le contrat de l'Entreprise	Inclus dans le contrat de l'entreprises
7	Communication, information et sensibilisation des populations	500 000 MRU	13 000 Euros
08	Surveillance environnementale	400 000 MRU	10 400 Euros
09	Appui au suivi environnemental et social (DECE)	168 780 MRU	4 387 Euros
10	Elaboration d'outil de surveillance, de gestion et maintenance	500 000 MRU	13 000 Euros
11	Formation des acteurs clés dans le suivi de la mise en œuvre	118 000 MRU	3 068 Euros
	Coût total des mesures de travaux	5 186 780 MRU	134 855 Euros

Les données financières présentées dans ce rapport intermédiaire incluent le budget nécessaire, dans le cadre de la réalisation concrète du réseau, pour affiner plusieurs études :

1. Étude d'Impact Environnemental et Social (EIES)
2. Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES)
3. Plan d'Action et de Réinstallation (PAR).

4.2 Exemple de la section Nouakchott-Chami

L'étude complète et détaillée du terrain sera fournie; comme pour d'autres éléments de l'étude. Elle est volontairement résumée ci-dessous au tronçon 01 Nouakchott-Chami, pour des raisons de gain de place et de concision.

01_TRONÇON NOUAKCHOTT-CHAMI

Contexte physique du tronçon

Le tronçon Nouakchott – Chami est situé au 18° 07` Nord (latitude) et au 15° 05` Ouest (longitude), sur la bordure océanique du Sahara, ce qui lui confère les caractéristiques d'un désert côtier marqué par la présence d'un courant marin froid.

Il est soumis à l'influence saisonnière de différents régimes de vents dont les plus fréquents proviennent des secteurs Nord 33 %, Nord-Ouest 22 % et Nord-Est 14 % (Pigeon J. L., 2001).

Ces principaux régimes sont les alizés représentés par l'alizé continental (harmattan), de direction dominante Nord à Nord-Est. Ce vent provient des zones de hautes pressions thermiques (anticyclone) qui règnent sur le Sahara d'Octobre à Décembre, et sur la mer Méditerranée de Décembre à Février. C'est un vent d'origine continentale : il est très sec, sa température varie largement entre le jour et la nuit, et au cours de l'année. Il joue un rôle important dans les transports éoliens. L'alizé maritime avec une direction dominante du Nord au Nord-Ouest procure une vitesse moyenne de 6-10 m/s. Il est frais et humide et a pour origine la zone des hautes pressions de l'anticyclone des Açores.

Le tronçon est caractérisé par une forte dégradation du couvert végétal. À cet égard, la sécheresse de ces dernières années et l'exploitation intensive des ressources par les populations ont renforcé cette dégradation aux abords immédiats de la ville (DEAR et PNUE, 1998). Il est caractérisé par une végétation halophile pauvre et diffuse à cause de la dureté du sol. Dans cette zone, seules les plantes supportant le sel se développent (*Tamarix senegalensis*, *Tamarix passerinoides*, *Tamarix aphylla*, *Zygophyllum waterlottii*).

Sur la bordure de la plage, se développent la *Polycarpea nivea*, une petite plante grêle à fleurs soyeuses, et *Traganum moquini*. Le cordon littoral est surtout colonisé par le *Tamarix amplexicaulis* et le *Nitraria refusa*. Sur les dunes ogoliennes, s'accroche une végétation adaptée aux substrats sableux ou argilo-sableux (*Euphorbia balsamifera*, *Zygophyllum waterlottii*, *Amaranthus graecizans*). On observe, dans les environs de la zone de Chami, des steppes arbustives et herbacées peu denses, le long des oueds qui sillonnent la zone d'étude. Parmi les espèces les plus fréquemment rencontrées, on trouve l'*Acacia raddiana*, *Maerua crassifolia*, *Euphorbia balsamifera*, *Panicum turgidum* et *Stipagrostis pungens*. Plusieurs espèces végétales sont utilisées dans la pharmacopée traditionnelle locale et d'autres sont appréciées par les camelins et caprins.

Photographies





Détails de rapport

Activités /sources d'impacts	Impacts négatifs	Récepteur d'impact	Mesures d'accompagnement	Mesures d'atténuation	Calendrier de la mise en œuvre	Coûts estimés (MRU)	Exécution / mise en œuvre
Creusement des tranchées et pose du câble	- Déstabilisation du sol - Exposition à l'érosion hydrique	Sol		Bien compacter les sections ouvertes et regarnir les zones dégagées	À la fin des travaux	PM (coûts intégrés au projet)	Orange, entreprise exécutante
	Pollution par des déversements accidentels d'hydrocarbures et huiles lors de la manipulation des groupes électrogènes (fonctionnement	Sol		- Utiliser des dalles imperméables ; - Veiller au respect des limitations de vitesse des engins ; - Transporter les hydrocarbures dans des contenants	Pendant les travaux	PM (coûts intégrés au projet)	Orange, entreprise exécutante

Activités /sources d'impacts	Impacts négatifs	Récepteur d'impact	Mesures d'accompagnement	Mesures d'atténuation	Calendrier de la mise en œuvre	Coûts estimés (MRU)	Exécution / mise en œuvre
	des marteaux piqueurs, etc.) ;			étanches et sécurisés			
	Pollution par les déchets de chantier (déchets alimentaires, etc.)	Sol		Ramasser les déchets et les acheminer vers les dépotoirs autorisés	Pendant les travaux et au repli de chaque chantier	15 000	Orange, entreprise exécutante
Creusement des tranchées et pose du câble	Pollution des eaux par les déversements accidentels ;	Eaux	Sensibilisation	Éviter les déversements accidentels (voir mesures sur les sols) ;	Pendant les travaux	Pas de coûts associés	Orange, entreprise exécutante
				Stocker les carburants dans des fûts étanches et sécurisés	Pendant les travaux	Pas de coûts associés	Orange, entreprise exécutante ,
				Passer systématiquement au-dessus des ouvrages d'art aménagés et/ou par les zones de stabilisation	Pendant les travaux	Pas de coûts associés	Orange, entreprise exécutante
	Faire une demande d'autorisation			Pendant les travaux	Pas de coûts associés	Orange, entreprise exécutante ,	
	Remettre en état tous les ouvrages d'art et zones de stabilisation endommagés				Les coûts de la remise en état dépendent de l'importanc e du dégât et ne peuvent être évalués à ce stade (intégrés au projet)		
	Transmission des maladies des Hommes vers les animaux					Sensibiliser les ouvriers	Pendant les travaux
Creusement des tranchées et pose du câble	Raréfaction de l'eau	Faune sauvage	Sensibilisation	Éviter de creuser les lits des cours d'eau (voir ci-dessus les mesures relatives aux eaux)	Pendant les travaux	Pas de coûts associés	Orange, entreprise exécutante
	Accidents au niveau des tranchées			Refermer les tranchées	Pendant les travaux	Pas de coûts associés	Orange, entreprise exécutante
	Stress chez certains animaux suite à la pollution sonore (marteaux piqueurs)			Utiliser un matériel en bon état (machines plus ou moins silencieuses)	Pendant les travaux	Pas de coûts associés	Orange, entreprise exécutante

Activités /sources d'impacts	Impacts négatifs	Récepteur d'impact	Mesures d'accompagnement	Mesures d'atténuation	Calendrier de la mise en œuvre	Coûts estimés (MRU)	Exécution / mise en œuvre
	- Restriction de l'accès à certains édifices ou places ; - Problèmes de sécurité	Milieu humain	Sensibilisation	- Aménager de larges points de passage dans les lieux publics - Signaler les travaux par un balisage fluorescent	Pendant les travaux	PM (coûts intégrés au projet)	Orange, entreprise exécutante
Creusement des tranchées et pose du câble	Conflits pour le recrutement des mains d'œuvres ;	Milieu humain	Sensibilisation	- Recruter la main d'œuvre dans les localités traversées	Pendant les travaux	17 000	Orange, entreprise exécutante
Creusement des tranchées et pose du câble	Dégâts sur les biens des personnes	Milieu humain	Sensibilisation	- S'appuyer sur l'évaluation des dégâts pour recenser les personnes dont les biens sont impactés - Remettre en état les biens affectés	Pendant les travaux	40 000	Orange, entreprise exécutante
Creusement des tranchées et pose du câble	Transmission de maladies en particulier les IST	Milieu humain	Sensibilisation	Sensibiliser les ouvriers déplacés sur les risques de maladies	Pendant les travaux	8 000	Orange, entreprise exécutante
Creusement des tranchées et pose du câble	Dommages sur les réseaux d'adduction d'eau SNDE	Réseau d'adduction d'eau		Intégrer les conducteurs de forages dans les chantiers	Durant les travaux	9 000	Orange, entreprise exécutante
Creusement des tranchées et pose du câble	Risques d'incendies des stations de services d'approvisionnement des hydrocarbures	Sol et les agglomérations	Sensibilisation	Sensibiliser les ouvriers déplacés sur les risques d'incendies des stations des hydrocarbures	Durant les travaux	7 200	Orange, entreprise exécutante
Coût total des mesures de gestion des impacts négatifs : 96 200 MRU							

5. ETUDE DE SURETE

5.1 Méthode d'élaboration de l'étude de sureté

Dans le cadre de l'étude d'avant-projet, l'étude de sureté a porté sur l'analyse de la mise en sûreté des employés expatriés et des sous-traitants locaux de la société Orange et de ses partenaires lors du développement de leurs activités sur ce projet de déploiement d'une dorsale fibre optique très haut débit de la frontière Algérienne au Nord à la frontière avec le Mali au Sud de la Mauritanie. Le but de cette étude de sureté était :

- D'analyser les conditions sécuritaires d'exécution des travaux dans les zones orange et rouges référencées sur la carte onglet sécurité MEAE/CDS du 06/03/2019 (annexe 3)
- D'évaluer la faisabilité du projet pour le réseau défini par Orange et ses partenaires
- De proposer un plan initial de sécurisation si faisabilité
- D'estimer le coût mensuel de la sécurisation

Le plan d'action général de l'audit a consisté à tirer des enseignements à partir des investigations réalisées en zones Nord et Sud. Ces recherches détaillées de conditions existantes ou à mettre en place pour la sécurisation du personnel et des chantiers ont permis de définir :

- Des sites potentiels d'implantations de bases fixes et mobiles
- Des axes logistiques
- Des propositions de sécurisation de l'ensemble des activités liées au projet

Sous l'angle de l'ingénierie sûreté, il se confirme que la faisabilité du projet est conditionnée à la sécurisation du personnel et des biens matériels sur l'ensemble du réseau à déployer et plus particulièrement en zones Nord et Sud.

Les investigations menées par l'auditeur permettent d'envisager les bases de la mise en œuvre indispensable de ces différents éléments. Dans l'hypothèse de la validation du projet, un audit initial de sûreté devra adapter la mise en œuvre détaillée des dispositifs actifs et passifs de sécurisation. Des audits de suivi et d'évaluation seront programmés tous les trois mois. Les propositions présentées dans ce rapport restent très dépendantes de l'évolution de la situation sécuritaire et économique ainsi que des conditions d'exécution techniques des travaux : bout en bout, pluralité des chantiers, quantité de bases activées en simultanée, gestion logistique, approvisionnements

5.2 Synthèse de l'étude

Considérant les différents risques politiques, sécuritaires et socioéconomiques l'étude suggère la mise en place

- D'un dispositif fonctionnel : hiérarchisation du domaine sûreté, identification du personnel, réalisation de fiches de postes
- De dispositifs techniques, humains et matériels, inductions de sûreté, contrôle des accès, gestions des accès, moyens de défense passifs : murs, merlons, grillages, concertina, éclairage des sites, moyens d'évacuation
- D'un dispositif de suivi des missionnaires, géolocalisation, transmissions satellitaires
- De plans généraux et particuliers, sûreté du projet, mise en protection et évacuation du personnel
- De procédures particulières, gestion de crise, procédures opérationnelles permanentes, organisation des déplacements, escorte de convoi

Le principe d'un gardiennage et d'escorte non armés prévaut. Les autorités mauritaniennes sont très réticentes au port d'arme par du personnel n'appartenant pas aux forces de sécurité. La sécurisation du personnel et des activités en zone militaire Nord Est fera l'objet d'une étude particulière lors du lancement effectif du projet.

La Mauritanie a fait des efforts significatifs pour la sécurité du pays : reconstitution de l'armée, renforcement de sa présence sur tout le territoire en particulier assez récemment à la frontière Sud avec le Mali et au Nord dans le triangle frontalier avec l'Algérie et le Maroc. De fait, elle a donc diminué l'influence des terroristes. S'intégrant sur un projet stratégique pour le gouvernement Mauritanien, l'implication des ressortissants Marocains et Français n'étant effective que de jour, la sécurisation du personnel, des biens et des activités est parfaitement envisageable. Les déplacements des ressortissants étrangers par voie aérienne devront être favorisés et systématisés.

5.2.1 Axes logistiques conseillés

Zone Nord : la N1 est d'évidence l'axe logistique Nord. Les secteurs au Nord Ouest seront un peu plus difficilement accessibles du fait de l'état de cette nationale qui est sous la forme d'une piste. Une escorte des convois sera nécessaire pour sécuriser et faciliter la progression des gros porteurs.

Zone centre : la N1 est là aussi l'axe logistique à privilégier. Assez bien entretenu jusqu'à Akjoujt, son revêtement est dégradé sur une trentaine de kilomètres après cette localité.

Zone sud : à partir de l'axe N3 / N2 de Nouakchott à Néma, toutes les sections de travaux peuvent être aisément desservies par de nombreuses rocade revêtues descendant plein Sud vers la frontière malienne.

Les sections au Nord et au Sud de Néma pourraient être soutenues par une base implantée à Néma.

Les sections au sud de la N2 entre Tintane et Néma pourraient être soutenues par une base fixe implantée à Ayoun El Atrous voire Kiffa. Les ressortissants pourraient être systématiquement implantés sur ces bases fixes.

5.2.2 Implantation des bases fixes

La proposition d'implantation de bases répond à 2 critères :

- La qualité et le volume des Forces de Sécurité Mauritanienne présentes dans les localités
- La nature et la qualité des voies de communication desservant ces localités

Quatre bases sont proposées pour les deux zones à risque principales :

- Zone Nord - ATAR - OUEDÄNE - ZOUERATE – BIR MOGREIN
- Zone Sud - KIFFA – TIDJIKDJA - AYOÛN EL ATROÛS - NEMA

Il appartient à la société Orange et ses partenaires, en particulier celui qui sera en charge de la construction du réseau, de faire un choix d'implantation qui réponde au mieux à la logique opérationnelle mais aussi aux facilités de sécurisation du personnel étranger.

Pour la partie Nord, les bases fixes proposées se situent toutes sur l'axe logistique. Le choix du site de Bir Mogrein est impératif pour alimenter toute la partie Nord Est. La gestion et la sécurisation des bases mobiles à partir de cette localité seront particulièrement étudiées et l'implication des Forces de Sécurité à l'Est du 10ème méridien sera demandée.

L'étude de la sécurisation d'un plot logistique sur Ain Ben Tili sera réalisée lors de l'audit prévu au démarrage du projet quand les ordres de missions afférentes à ce projet pourront être délivrés par l'administration Mauritanienne.

5.2.3 Coût estimé des mesures de sécurité

Concernant le coût de la sécurisation, il a été évalué à 9,7 M€ pour un linéaire en zone rouge de 1687 Km, basé comme indiqué ci-dessus sur un ensemble de :

- Audits Annuels
- Sécurisation Bases Fixes
- Sécurisation chantiers
- Sécurisation convois logistiques
- Téléphones satellitaires et défense passive

6. SUPERVISION, MAINTENANCE ET VIE DU RESEAU

6.1 Modalités de supervision

Après sa mise en service, la prise en charge technique et l'exploitation commerciale du réseau WDM, voire WDM/IP, exigent notamment i) l'utilisation quotidienne d'outils d'analyse de réseau et de traitement par une équipe dédiée, ii) une cellule de supervision de réseau fonctionnant 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, iii) la mise en place de procédures et de périmètres de responsabilités dans les tâches à accomplir, allant de la production de circuits à la résolution d'incidents ou la maintenance préventive/curative, iv) des travaux d'entretien/vérifications/tests réguliers, ceci avec une structure organisationnelle permettant d'interfacer avec les clients potentiels ou existants, quels qu'ils soient, et les différents intervenants dans la chaîne opérationnelle.

Pour cela, une société sera établie à Nouakchott, composée de 5 personnes :

- 1 Directeur Général
- 1 Directeur Commercial
- 1 Directeur Technique, assisté de 2 collaborateurs. Ces collaborateurs seront notamment en charge du pilotage des sous-traitants (voir plus bas), de la gestion des stocks de pièces de rechange, de piloter tous les changements de réseau (exemples : travaux de maintenance préventive et curative, déploiement d'un nouvel équipement, étude de faisabilité et production de circuit, upgrade ou modification de configuration, de coordination des actions.

Cette équipe « cœur » sera complétée, dans un schéma de sous-traitance, par deux équipes :

- Une équipe d'intervention multisites qui conduira toutes les activités de terrain sur sollicitation en HO/HNO³³. Cinq zones d'interventions sont recommandées (centrées sur Nouakchott, Nouadhibou, Zouerate, Kiffa et Selibaby), avec a priori cinq personnes par centre régional, de manière à garantir des délais de vérification/remplacement/correction en ligne avec les standards internationaux.
- Une équipe de gardiennage permanent pour les sites intermédiaires isolés, qui pourraient être la cible d'actes malveillants interdisant/dégradant leur bon fonctionnement (6 sites faisant partie de l'architecture WARCIP, 21 nouveaux sites)

Ce point du gardiennage n'a pas été vérifié avec les nouvelles évolutions de l'architecture du réseau et fera l'objet d'une attention particulière.

³³ HO = Heure Ouvrable / HNO = Heure Non Ouvrable



Enfin, un centre NOC, ayant en charge la supervision et la maintenance du réseau et fonctionnant 24 heures sur 24, 7 jours sur 7, en tant qu'entité centralisatrice et pilote des rétablissements, sera constitué. Le NOC permet de traiter dès son apparition, tout défaut, toute anomalie ou tout événement engendrant une interruption et/ou une suspension de la fourniture des services, et/ou affectant le fonctionnement global du réseau. Il gère pour cela, notamment, les différents niveaux de maintenance décrits plus loin. Il est composé de 4 personnes qui ont pour but d'assurer la continuité des services délivrés par le réseau, ayant à l'esprit que deux catégories d'incidents peuvent être distinguées :

- Les incidents critiques impliquant une coupure totale d'un service (par exemple à la suite d'une coupure de fibre optique)
- Les incidents majeurs impliquant une qualité de service dégradée pour les clients du réseau

Il faut ici mentionner la prise en compte dans le modèle d'une personne en charge de la production des circuits à activer sur le réseau (pilote de production).

6.2 Description de la maintenance du réseau

Le périmètre des activités de supervision maintenance de l'ensemble de la chaine de support opérationnel est rappelé ci-dessous :

- Équipements WDM actifs (terminaux ou intermédiaires) produits par le fournisseur WDM (72 sites i.e. tous les sites)
- Équipements IP (6 sites avec le site de Nouakchott redondé)
- Systèmes de gestion/supervision des équipements associé

- Sections de fibres optiques nouvellement déployées (4330 km de fibre)
- Sections de fibres optiques louées (WARCIP, Somelec). Il s'agira ici d'assurer la coordination avec l'équipe en charge des activités O&M employée par le propriétaire des fibres louées (2613 km de fibre).
- Environnement technique des sites (exemples : alimentation énergétique, gestion des accès)

Ces activités de maintenance se déclinent en deux types de travaux :

- La maintenance préventive. Elle a pour objectif d'entretenir de manière périodique l'ensemble des infrastructures passives et actives en procédant à, par exemple, une inspection régulière des chambres et sites pour vérifier et maintenir (dépoussiérage, etc.) les infrastructures passives, les équipements actifs et l'environnement technique, et du parcours du câble pour vérifier son intégrité. Chaque opération de maintenance préventive sur site doit faire l'objet d'un compte-rendu détaillé incluant des photos, les actions éventuellement menées et la nature des travaux éventuels à mener afin de garantir une qualité optimale du réseau.
- La maintenance curative. Elle a pour objectif de corriger un défaut ou régler un incident et peut elle-même être scindée en deux sous-types :
 - o Infrastructure passive. Il s'agit principalement de localiser le défaut (coupure franche, torsion) du câble à fibres optiques et de mettre en œuvre les actions correctrices/réparatrices adéquates (tirage de câble, épissures, test de réflectométrie afin de garantir le bon rétablissement).
 - o Équipements actifs. La procédure de recherche de panne (troubleshooting) inclut la vérification de l'accessibilité des équipements, la vérification de l'état des interfaces des équipements, l'analyse des alarmes de fonctionnement ou d'environnement des équipements (exemples : panne de carte, de bloc d'alimentation, alarme de température), etc. Une fois l'origine de la panne détectée, l'équipe locale procède aux corrections/remplacements nécessaires.

Traditionnellement la maintenance curative est réalisée suivant un principe de niveaux correspondant à des connaissances et compétences graduées :

- Unités d'intervention locales (appelées *field operations*). Il s'agit des sous-traitants répartis sur les cinq zones d'intervention. Ce sont eux qui effectuent par exemple les mesures de réflectométrie sur terrain, remplacent les cartes défectueuses ou effectuent les actions de maintenance préventive.
- Niveau 1. C'est le premier niveau d'expertise WDM/IP, qui implique les experts des NOC WDM/IP.
- Niveau 2. Ce niveau traite typiquement 10-20% des tickets d'incidents créés sur le réseau et traités par le niveau 1. Ce support provient d'une équipe d'experts techniques dédiés à la maintenance des réseaux de télécommunications.
- Niveau 3. Ce niveau est le dernier dans une organisation traditionnelle ; il correspond au traitement des cas les plus difficiles de résolution de panne et les

experts correspondant à ce niveau de compétences peuvent activer le support des fournisseurs WDM/IP pour faciliter la résolution des incidents.

Le principe général de fonctionnement entre les différentes entités, volontairement simpliste, est donné dans le schéma suivant. Les niveaux d'escalade ne sont pas représentés.

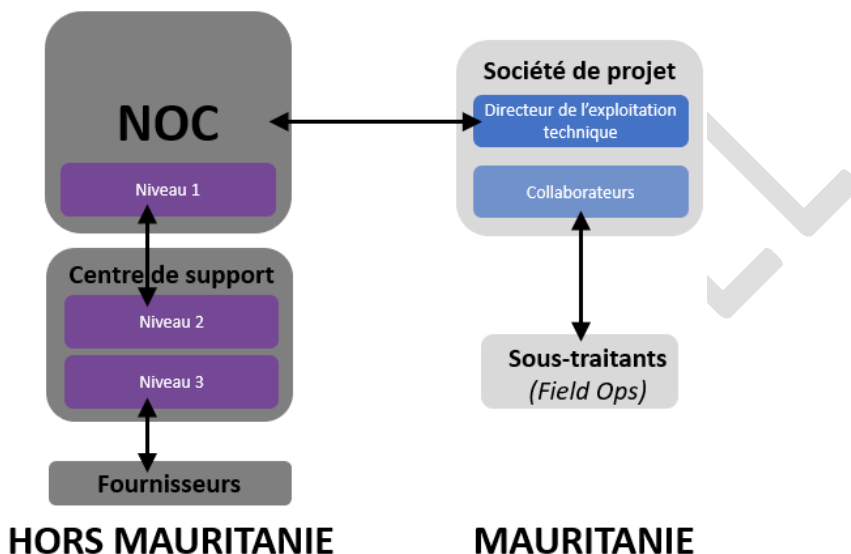


Schéma de l'organisation de l'exploitation technique

Le point d'entrée pour les usagers du réseau (clients) sera formalisé par la création d'un « guichet unique » permettant i) la prise en compte de leurs signalements d'incidents, leurs demandes d'information sur le traitement des incidents, etc. et ii) toute communication utile vers ces derniers (exemples : notification de fin de travaux, préparation de travaux programmés). Ce guichet unique n'est pas représenté sur la figure.

6.2.1 Gestion des lots de rechange

Les niveaux des lots de maintenance sont pilotés et mis à niveau régulièrement afin que les processus d'intervention puissent se dérouler normalement et en adéquation avec les engagements de qualité de service. Un stock d'équipements, conformes aux spécifications techniques du réseau, sera dimensionné et piloté afin de satisfaire aux besoins de maintenances curative et préventive du réseau.

Ces lots concernent les infrastructures passives (exemples : câbles à fibres optiques, boîtiers d'épissure, tiroirs optiques), les équipements actifs WDM et IP (exemples : cartes de ligne, amplificateurs optiques) et l'environnement technique (exemples : extracteurs d'air, station énergie).

La politique de gestion pour les équipements actifs consiste à distinguer les cartes dont la panne affecte les services de celles dont la panne n'est pas impactante pour le trafic :

- Pour les cartes de la première catégorie, l'approche est de s'assurer qu'à aucun moment une carte ne doit être commandée au fournisseur ou attendue en retour

d'un processus de réparation, ce qui serait catastrophique pour le délai de rétablissement des services. La prise en compte de la fiabilité théorique de ces cartes et le nombre de cartes de rechange stockée dans chaque centre d'intervention doit permettre d'éviter une telle situation.

- Pour les cartes sans impact trafic, le principe est de stocker le matériel dans un site central (Nouakchott).

Trois sites de stockage sont envisagés (Nouakchott, Zouerate et Kiffa). Les estimations économiques prennent en compte ce volet dans la partie technique (création de sites de stockage, achat de cartes de rechanges, mise en place d'un mécanisme de retour/réparation). Il faut noter que le centre de Nouakchott pourrait être mutualisé avec celui de l'IMT (WARCIP).



Carte des centres de stockage des équipements de rechange (lots de maintenance)

6.2.2 Système d'information et outils numériques

On définit le Système d'Information (SI) comme l'ensemble des ressources et dispositifs permettant de collecter, stocker, traiter et diffuser les informations nécessaires au fonctionnement et à l'exploitation du réseau. Ce SI est nécessaire pour créer puis mettre à jour régulièrement :

- La description détaillée des éléments du réseau (fibres optiques, équipements de transmission et IP, détails des longueurs d'onde etc.) et des ressources utilisées/disponibles
- La gestion des liens « client » (statuts : actif, en cours de production, résilié)
- La supervision des fibres optiques et des équipements du réseau
- Le traitement des incidents

Le SI est constitué d'une suite d'outils/logiciels numériques (liste non exhaustive) :

- Description des réseaux
- Gestion des tickets d'incidents (ouverture/traitement/fermeture)
- Gestion des travaux programmés
- Statut du réseau IP (définition des circuits et taux d'utilisation)
- Gestion des équipements en stock et inventaires

6.3 Engagements de qualité

L'exploitation du réseau doit se faire de manière à livrer les paramètres d'engagements de qualité (SLA) pris envers les clients du réseau, qui sont de plusieurs natures ; ces paramètres sont appelés KPI :

- Performances des réseaux
 - o Disponibilité mensuelle des services. Il s'agit ici de s'assurer que tous les mois, le service est accessible pour le client à hauteur d'un pourcentage à définir (typiquement entre 95% et 99,9% du mois).
 - o Latence des circuits (vitesse de propagation/traitement des services dans le réseau)
 - o Taux d'erreur ou niveau de pertes de paquets des circuits activés (niveau de dégradation admissible pour les services)
 - o Caractère permanent ou chronique de certains incidents
 - o Etc.
- Performances des équipes de maintenance
 - o Délai de réponse du NOC ou des *field ops* suite à sollicitation
 - o Délai d'intervention et de rétablissement des services
 - o Qualité des soudures optiques
 - o Disponibilité des équipements de rechange
 - o Délai de production du rapport d'analyse
 - o Etc.

Un engagement de qualité se concrétise par la vérification périodique de l'atteinte des objectifs et le constat mutuel que l'engagement a été tenu. En cas de non-respect d'un engagement sur un KPI, une compensation financière (pénalité) est appliquée au bénéfice du client suivant des dispositions prévues dans le contrat ou le bon de commande. Il peut s'agir par exemple, pour le KPI relatif à la disponibilité opérationnelle d'un service, d'un pourcentage du prix mensuel reversé au client (crédit), dépendant du type de service, de la nature de l'incident et du niveau de non-performance.

Ces niveaux de qualité ne sont pas définis dans ce rapport dont ce n'est pas l'objet, mais à titre de référence, nous reproduisons ci-dessous les engagements pris par WARCIP vis-à-vis de ses clients loueurs de fibre noire :

- Disponibilité annuelle de 98% (pas de mécanisme de compensation par défaut)
- Atténuation des épissures de 0,1 dB

- Atténuation linéique des fibres de 0,22 dB/km à 1550 nm (cela permet de vérifier en moyenne la qualité d'une section optique de bout-en-bout)
- Rétablissement des services dans un délai de 72 heures suivant la notification ou la découverte d'une interruption de service

Le principe du délai d'intervention garanti (DGI) consistera, en fonction des sites/tronçons sur lesquels intervenir, à fixer un temps limite pour se rendre sur place. Ce DGI sera indexé sur les distances à couvrir depuis le centre régional le plus propre pour les fibres nouvellement posées. Pour les fibres louées, cela sera dépendant de l'excellence opérationnelle des loueurs, en charge de la maintenance de leur partie de réseau.

6.4 Recommandation du groupe de travail

Compte tenu des enjeux technico-économiques à déployer un tel réseau WDM/IP et des défis posés par son exploitation technique et commerciale, dans un pays où il n'existe pour l'instant que très peu de réseaux optiques terrestres, la recommandation formulée dans cette étude est de confier la construction et l'opération de ce réseau à un opérateur d'envergure internationale ayant les compétences, les connaissances et l'expérience nécessaires, y compris sur le territoire africain. Plusieurs avantages majeurs sont décrits ci-après :

- Cela permet de maîtriser les coûts liés aux achats de tous les matériels grâce à la connaissance des différents marchés et un rapport de force favorable dans les négociations
- Cela permet d'assurer une supervision et une maintenance de réseau grâce à des équipes déjà formées sur les réseaux internationaux de toutes natures, familières avec la gestion des incidents et la coordination avec les différentes équipes impliquées dans les processus de résolution, ce qui permet de surcroît de s'affranchir d'une période de montée en compétences.
- Cela permet d'avoir accès à des outils et des procédures de traitement déjà utilisés de manière quotidienne (risque annihilé de recourir à des outils non totalement sécurisés, défectueux ou incomplets ou de construire des processus d'opération sur des procédures non maîtrisées).
- Cela permet, pour les raisons évoquées plus haut, d'effectuer des économies d'échelle significatives sur le coût du projet (volets CAPEX et OPEX) puisque les organisations, processus, outils, etc. ne sont pas à créer de toutes pièces
- Cela permet d'introduire les standards de qualité internationaux sur le territoire mauritanien, en recourant à des équipes locales pour effectuer les interventions sur terrain notamment, grâce à des formations adaptées et un encadrement approprié
- Cela permet de bénéficier, a priori, d'un parc de clients potentiels plus étendu que celui naturellement restreint des opérateurs nationaux ou transfrontaliers.
- Cela permet de ne pas avoir à se procurer, déployer et se familiariser avec une suite complète d'outils d'analyse de réseau et de créer l'ensemble de processus d'opération nécessaires (gain de temps non négligeable sur le calendrier de déploiement global).

7. COMMERCIALISATION DES SERVICES

7.1 Évaluation globale de la demande en Mauritanie

La projection de la demande en Mauritanie a été réalisée en deux temps distincts : une 1ère modélisation détaillée à horizon 2030 basée sur des données socio-démographico-économiques ; une 2ème partie post 2030 réalisée en tendance amoindrie versus la 1ère modélisation du fait de l'absence de données sources sur lesquelles s'appuyer.

Nous détaillons ici l'approche retenue pour la modélisation de la 1ère partie. Le but de cette analyse était d'estimer le niveau de trafic internet généré à l'échelle de la Mauritanie et dans chacune de ses communes/localités à horizon 2030.

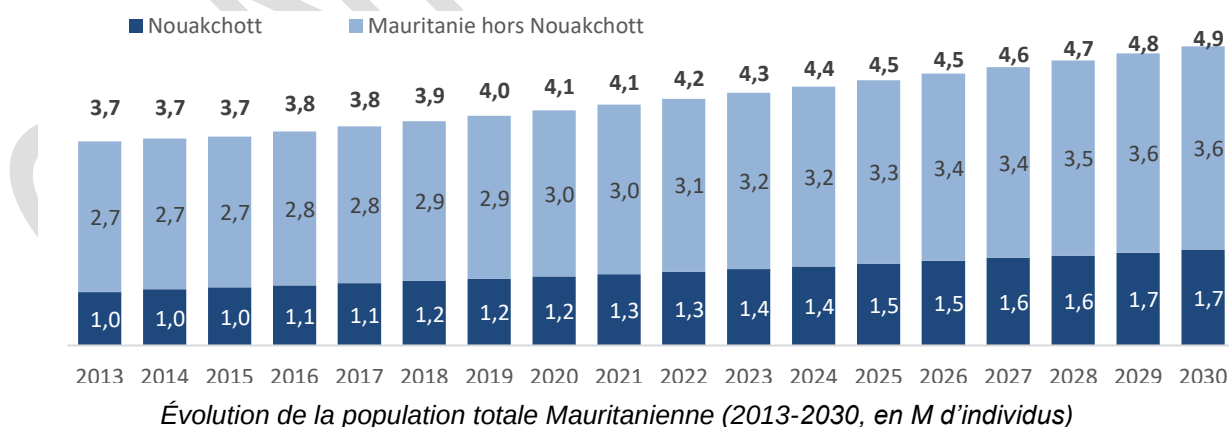
7.1.1 Méthode et hypothèses structurantes

Nous avons conduit notre estimation de la demande à horizon 2030 en nous basant sur plusieurs sources de données. D'un côté, des données issues d'organismes officiels Mauritaniens (Ansade, autorité de régulation, etc.) ; ainsi que des données issues de benchmark de pays de la région.

Nous avons basé notre estimation de la demande sur les données démographiques de population issues du recensement 2013 ; en croisant la population par commune/localité de 2013 avec les projections par Wilaya à horizon 2030, nous avons pu projeter l'évolution de la population pour chaque commune/localité à horizon 2030.

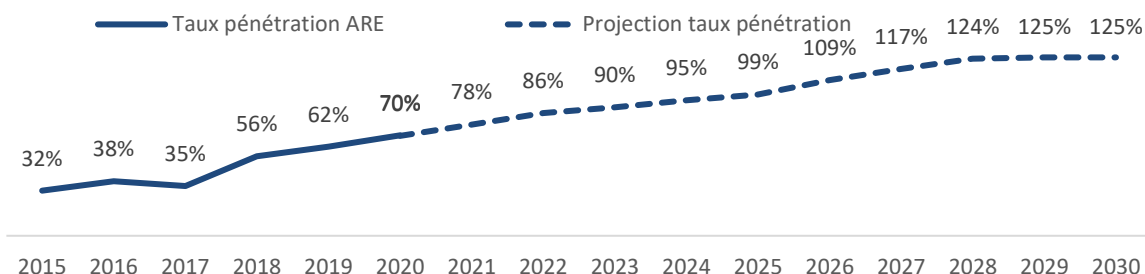
La population était estimée en 2013 à 3,54 M d'habitants. Nous estimons qu'elle a augmenté jusque 4,2 M d'habitants en 2021 et devrait atteindre 5 M d'habitants en 2030. Le rythme annuel de croissance varie selon les Wilayas en oscille entre 3,5% pour Nouakchott et 1% pour le Tirris Zemmour.

Nouakchott devrait continuer de concentrer la majorité de la population avec une part dans le total qui devrait passer de 27% en 2013 à 34% en 2030.



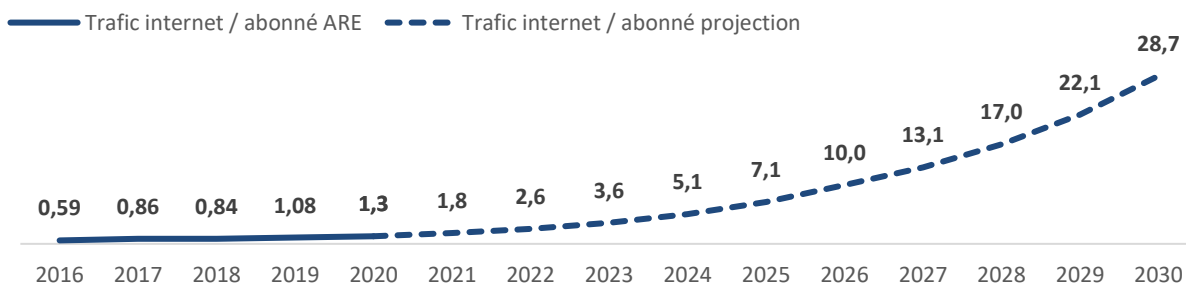
Nous avons ensuite croisé les données de population avec le taux de pénétration de l'internet mobile pour obtenir le nombre total d'abonnés internet mobiles. Selon l'observatoire de l'ARE, le taux de pénétration de l'internet mobile est passé de 32% de la population en 2015 à 70% de la population en 2020. Sur la base d'un benchmark de pays africains et en nous appuyant

sur l'évolution passée de pays européens, nous avons projeté l'évolution de ce taux de pénétration. Nous anticipons que celui-ci croisse jusqu'à 125% en 2030 ; reflétant la possibilité pour certains mauritaniens d'avoir plusieurs téléphones mobiles équipés d'une connexion internet.



Évolution du taux de pénétration de l'internet mobile (2015-2030, en %)

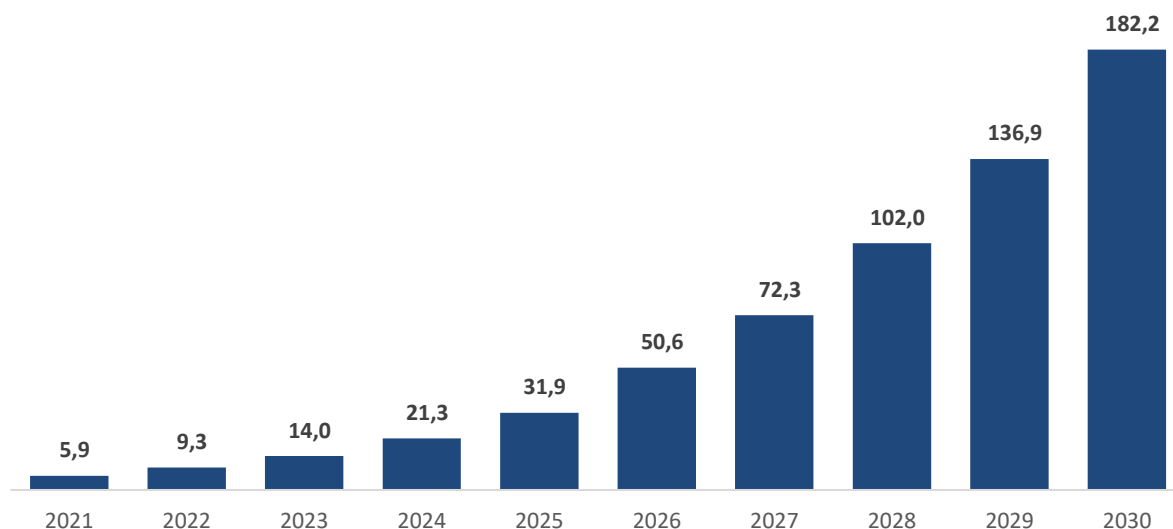
Afin de déterminer le volume global de Go consommés par les usages internet des Mauritaniens, nous avons croisé le nombre d'abonnés précédemment déterminés avec l'usage moyen par abonné en Go/abonné/mois. Selon l'observatoire de l'ARE, celui-ci a cru entre 2016 et 2020 de 0,56 Go/abonné/mois à 1,3 Go/abonné/mois. En nous appuyant sur un benchmark du niveau de consommation par abonné de plusieurs pays africains et européens, ainsi que des projections de la GSMA à horizon 2030 nous avons projeté le niveau de consommation par abonné. En moyenne nous anticipons que celui-ci devrait croître de ~40% par an entre aujourd'hui et 2026 avant de ralentir pour en croître que de 30% par an. Ces taux de croissance aboutiraient à un niveau de consommation par abonné en 2026 de 10Go en ligne avec le niveau actuel pour un abonné 4G moyen français. Entre 2027 et 2028 la barre des 20 Go devrait être franchie, niveau actuel de consommation moyen par SIM 4G en Autriche. Enfin cette tendance devrait nous conduire à un niveau de près de 28 Go par abonné en 2030. Cette explosion des usages nous semble en ligne avec les tendances observée dans des pays européens en avance de phase. Elle sera très largement compensée par une baisse des prix qui devrait permettre au marché en valeur de croître plus raisonnablement.



Évolution de la consommation de data mobile / abonné / mois (2016-2030, en Go/abo/mois)

Le croisement de l'ensemble des données ci-dessus nous permet d'estimer à l'échelle de la Mauritanie et pour chaque commune/localité le niveau de consommation mensuel de données internet mobiles en Go.

Ainsi, nous pouvons calculer qu'entre 2021 et 2030, la consommation mensuelle de Go en Mauritanie devrait passer de 5,9 M Go/mois à 182 M Go/mois, soit une augmentation par un facteur 30 sur la période. Bien qu'il y ait des disparités dans l'augmentation du volume de data consommé entre les communes/localités ; certaines n'augmentant que d'un facteur 10, d'autres par un facteur 35; on voit que le marché Mauritanien devrait augmenter fortement dans son ensemble.



Évolution de la consommation agrégée de data mobile / mois en Mauritanie (2021-2030, en Go/mois)

Néanmoins, pour comprendre la demande d'un réseau backbone de fibre optique, il convient de déterminer non pas le volume de data en Go consommé sur une période dans le pays et ses villes, mais le trafic. Il faut déterminer le flux de données transmis à un instant T dans le pays et ses villes. Ce trafic s'exprime soit en Mbps ou en Gbps.

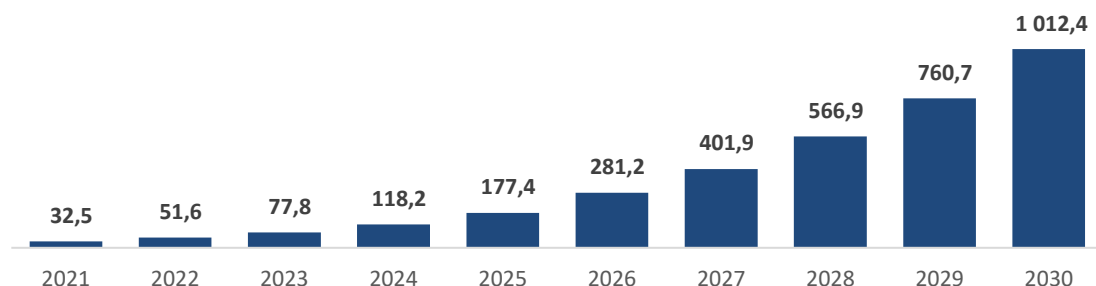
Pour déterminer ce trafic il convient de prendre le volume de data consommé sur une période, par exemple sur un mois, et de voir quelle proportion de cette consommation correspond à la sous période où la consommation de data est maximale (où tous les abonnés sont connectés en même temps). Cette sous période est appelée busy hour. On observe qu'en moyenne, la consommation de la busy hour correspond à 0,25% de la consommation mensuelle d'un réseau mobile. Cette consommation maximale est appelée consommation dimensionnante, c'est-à-dire que le réseau sera dimensionné pour permettre à tout instant d'écouler le trafic généré par cette consommation de busy hour.

Une fois que l'on dispose de la consommation de la busy hour, il suffit de la rapporter à la seconde pour connaître le trafic en Mbps ou Gbps selon le calcul précis appliqué.

Nous avons réalisé cette opération sur l'ensemble des communes/localités de Mauritanie pour estimer le trafic dans chacune de celle-ci puis avons agrégé les résultats à l'échelle nationale.

7.1.2 Résultats

À l'échelle du pays, le trafic agrégé issu de la consommation internet mobile des abonnés Mauritaniens devrait s'élever à 32,5 Gbps en 2021 en atteindre 1012 Gbps en 2030 ; soit une augmentation proportionnelle aux volumes data avec un facteur de 30 sur la période.



Évolution du trafic agrégé en Mauritanie (2021-2030, en Gbps)

L'essentiel de la demande sera concentré dans les 20 communes les plus peuplées de Mauritanie puisque sur la période elles pèseront pour la moitié du trafic national ; cette proportion devant croître légèrement sur la période de 49% à 51%.

Nouakchott est de loin la ville avec la plus forte demande puisqu'elle devrait représenter à elle seule 34% du trafic national en 2030. Le reste de la demande est assez diffus, puisque les 19 villes les plus peuplées suivantes ne devraient générer que 17% du trafic national de 2030. Parmi les plus attractives on peut citer notamment : Nouadhibou, Kiffa, Kaédi, Rosso, Zoueirat, Boghé et Ghabou, Sélibaby, Guerou et Ghabou qui généreront toutes un niveau de trafic supérieur à 1Gbps.

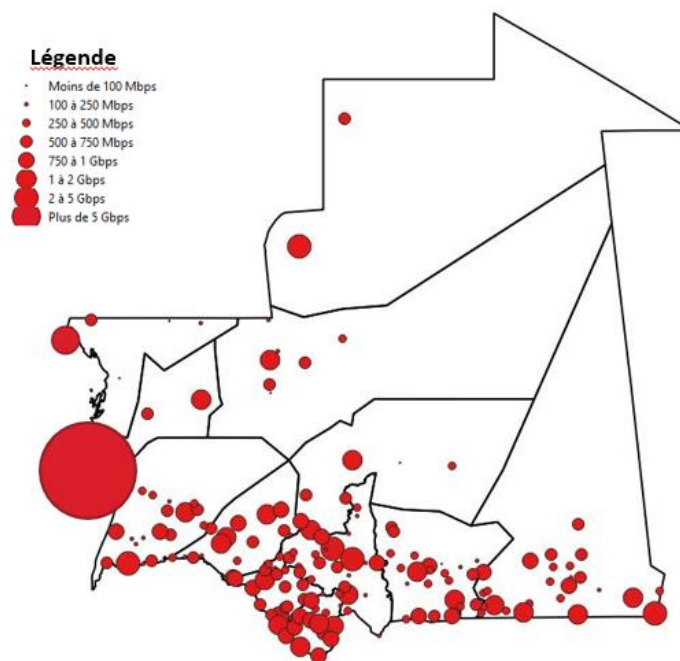
Vassale ressort à un niveau de trafic important, toutefois cela s'explique essentiellement par l'inclusion dans cette commune du camp de réfugiés de Mbera qui représente les $\frac{3}{4}$ de la population rattachée à la commune. Il conviendra certainement de revoir notre projection en phase 2 pour ne pas appliquer la même hausse de population qu'au reste du pays, dans la mesure où le nombre de réfugiés ne devrait pas croître à l'infini.

	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<i>Nouakchott</i>	10,1	16,3	24,8	38,0	57,7	92,4	133,3	188,1	255,0	342,8
<i>Nouadhibou</i>	1,2	1,9	2,8	4,3	6,4	10,2	14,6	20,5	27,6	36,9
<i>Vassale</i>	0,6	1,0	1,5	2,3	3,4	5,4	7,8	10,9	14,7	19,6
<i>Kiffa</i>	0,6	0,9	1,4	2,1	3,1	4,9	7,0	9,9	13,3	17,7
<i>Kaédi</i>	0,5	0,8	1,3	1,9	2,8	4,5	6,3	8,9	11,9	15,7
<i>Rosso</i>	0,5	0,7	1,1	1,6	2,4	3,8	5,4	7,6	10,2	13,4
<i>Adel Bagrou</i>	0,4	0,7	1,0	1,6	2,4	3,8	5,4	7,7	10,3	13,7

<i>Zoueirat</i>	0,4	0,6	0,9	1,3	2,0	3,1	4,4	6,2	8,2	10,7
<i>Boghé</i>	0,4	0,6	0,8	1,2	1,8	2,9	4,0	5,7	7,5	9,9
<i>Ghabou</i>	0,3	0,5	0,8	1,2	1,8	2,9	4,1	5,7	7,7	10,2
<i>Bougadoum</i>	0,3	0,5	0,8	1,2	1,8	2,8	4,0	5,6	7,6	10,1
<i>Sélibaby</i>	0,3	0,4	0,7	1,0	1,5	2,4	3,5	4,9	6,6	8,8
<i>Male</i>	0,3	0,4	0,6	0,9	1,4	2,2	3,0	4,3	5,7	7,4
<i>Gouraye</i>	0,2	0,4	0,6	0,9	1,3	2,1	3,0	4,3	5,7	7,6
<i>Guerou</i>	0,2	0,4	0,6	0,9	1,3	2,1	3,0	4,2	5,7	7,5
<i>Boutilimit</i>	0,2	0,4	0,6	0,9	1,3	2,0	2,9	4,0	5,4	7,1
% trafic total dans le 20 1ères villes										
	51%	51%	52%	52%	52%	52%	53%	53%	53%	53%

Évolution du trafic dans les 20 communes les plus peuplées (2021-2030, en Gbps)

En complément, nous avons positionné les communes sur une carte en fonction du niveau de trafic anticipé en 2030 ; ce qui permet d'identifier les zones ou de repérer les zones les plus attractives.



Cartographie des communes selon le niveau de trafic anticipé en 2030 (2030, en Gbps)

7.2 Besoins exprimés par les différents acteurs et hypothèses retenues

Cette rubrique constitue essentiellement une mise à jour de la section équivalente du précédent rapport préliminaire remis le 20 Janvier 2022. Les données initiales ont été complétées d'informations complémentaires collectées suite à une deuxième vague d'entretiens réalisée en mars 2022. Lors de cette deuxième session d'entretien les entités rencontrées ont été : les opérateurs (MAURITEL, Chinguitel, Mattel), Conecty, le MTNIMA, le Ministère des affaires économiques et de la promotion des secteurs productifs.

7.2.1 Opérateurs nationaux

MAURITEL

La première série d'entretiens nous a permis de dresser un certain nombre de constats et d'identifier les besoins associés.

MAURITEL assure son backhauling essentiellement avec son propre réseau de fibre optique, ainsi que des FH. Depuis le début de la commercialisation des services du réseau WARCIP par l'IMT, MAURITEL y souscrit des offres de capacités activées. De manière plus marginale MAURITEL achète des services activés auprès d'acteurs tels que la SNIM, la SOGEM ou la SOMELEC. Toutefois les infrastructures existantes atteignent leurs limites et risquent de ne pas être suffisantes pour absorber les besoins de trafic liés au déploiement de la 4G ainsi qu'à l'arrivée d'un deuxième câble sous-marin à Nouadhibou. En effet, les FH encore utilisés arrivent à saturation et certaines des liaisons fibre existantes deviennent obsolètes.

En particulier la liaison Nouakchott-Nouadhibou qui rencontre d'importants problèmes de disponibilité opérationnelle, ou la liaison Nouakchott-Rosso dont les capacités sont limitées. De plus, les infrastructures optiques mises en place par des acteurs non-télécoms (SNIM, SOMELEC, SOGEM) ont été conçues à une fin autre que strictement télécoms (télésurveillance, etc.). À ce titre, celles-ci ne permettent pas de bénéficier d'un réseau national entièrement efficient/homogène et totalement maîtrisable.

En ce qui concerne les modalités d'achat sur un nouveau réseau, MAURITEL émet une préférence forte pour des services passifs en fibre noire avec une activation en achetant ses propres équipements. Pour l'instant, ces services ne sont pas disponibles en Mauritanie pour les liaisons interurbaines. Les achats actuels de capacité activée sont d'une certaine manière des achats contraints.

Une extension du réseau de backbone optique WARCIP doit répondre à plusieurs besoins selon MAURITEL :

- 1) Les boucles optiques existantes ne sont pas suffisantes pour sécuriser le réseau de manière efficace, cela est aussi valable pour les boucles FH qu'ils ont créées.
 - WARCIP #1 a permis de couvrir des zones où MAURITEL était absent
 - Le nouveau réseau doit permettre de sécuriser des zones déjà couvertes ou complémentaires de manière à créer des boucles et ainsi mailler le pays
- 2) Concernant l'évolution du réseau national, MAURITEL a soumis les liaisons optiques additionnelles suivantes :
 - Nouadhibou-Choum-Zouerate : la liaison existante Nouakchott-Nouadhibou n'est pas sécurisée, les pannes sont très fréquentes. Celle-ci peut être bouclée en passant par Choum. D'après eux, la liaison de la SNIM n'est pas sécurisée, même si la SNIM rapporte très peu de coupures de fibre affectant les services transportés, et il faudrait la dupliquer entre Nouadhibou et Zouerate, notamment en capitalisant sur le projet de ligne haute tension.
 - Nouakchott-Rosso (pour s'affranchir de la ligne SOGEM)
 - Aleg-Kaedi ou Aleg-Bogue
- 3) À terme le réseau imaginé par MAURITEL, pour combler ses propres besoins, serait ainsi constitué de 4 boucles optiques :
 - Nouakchott-Rosso-Kaedi-Aleg–Nouakchott
 - Selibabi-Kiffa-Aleg–Bogue-Selibabi o Nouakchott-Nouadhibou-Zouerate-Nouakchott
 - Nouakchott-Atar-Tidjikdja-Kiffa-Nouakchott

En complément des liaisons internationales existantes (Maroc, Mali), il serait utile selon MAURITEL d'ajouter des passerelles vers le Sénégal (via Rosso vers St-Louis où un projet de pont est en cours) et/ou vers l'Algérie (projet régional de route en cours).

Au-delà de ces premiers besoins, la deuxième session d'entretien nous a permis de clarifier quelques points complémentaires.

Concernant le transit, MAURITEL dispose de deux POPs sur le territoire Mauritanien. Un projet de nouveau point d'échange est en cours à Nouadhibou, en vue de l'arrivée d'un nouveau câble

sous-marin dans la ville. MAURITEL a explicitement indiqué ne pas être intéressé par des services d'IP Transit pour sécuriser les flux de données transmis sur son réseau.

Le besoin de boucles de sécurisation du réseau exprimé lors des premiers entretiens a été confirmé avec un souhait de bénéficier de telles boucles le plus rapidement possible. Une échéance inférieure à deux ans ayant été explicitement indiquée.

Hypothèses de modélisation : la modélisation de Tactis a estimé le trafic potentiel généré par MAURITEL sur chaque liaison en croisant la part de marché estimée de celui-ci avec le niveau de trafic global anticipé sur les différentes liaisons compte tenu de la croissance démographique et des projections de consommation individuelles. Ces éléments s'appuient entièrement sur l'estimation de la demande globale présentée dans la section précédente (section 7.2). Les calculs détaillés sont disponibles dans le modèle quantitatif fourni avec ce rapport.

MATTEL

A l'instar de MAURITEL, les premiers entretiens conduits avec les équipes de MATTEL ont permis d'identifier un certain nombre de besoins de l'opérateur.

A l'heure actuelle MATTEL réalise une partie de son backhauling via le réseau WARCIP en souscrivant des services de capacité activés. MATTEL dit avoir d'ores et déjà sollicité l'IMT pour souscrire des capacités comprises entre 1 Gbps et 2 Gbps sur les différentes liaisons WARCIP. Selon l'opérateur, ces niveaux de capacité devraient permettre de répondre à ses besoins pour les 2-3 prochaines années au mieux, en fonction du rythme d'adoption des services de 4G. En cas d'adoption accélérée de la 4G, MATTEL anticipe des flux nécessaires nettement supérieurs (de l'ordre de 10 Gbps) sur certains grands axes tels que Nouakchott-Rosso.

En termes de réseau à construire pour étendre WARCIP, MATTEL suggère les 5 liaisons additionnelles suivantes où il aurait un intérêt à souscrire des services de capacité activée :

- Nouakchott-Choum-Nouadhibou (triangle) avec extension vers Zouerate
- Nouakchott-Nouadhibou
- Choum-Zouerate (du fait des activités minières et d'orpaillage)
- Nouakchott-Rosso-Aleg (avec sortie internationale par Rosso)
- Atar-Tidjikdja (faible population mais intérêt important pour la sécurisation)

MATTEL est potentiellement intéressé par l'achat de fibre noire sur les liaisons les plus propices à transporter du trafic telles que Nouakchott-Nouadhibou. Toutefois sur des liaisons moins denses, la souscription de services se ferait essentiellement en service activé. Outre les besoins domestiques, MATTEL recommande de déployer un câble terrestre entre Nouakchott et Rosso pour rejoindre Saint Louis au Sénégal, dans l'attente d'un second câble sous-marin atterrissant à Nouadhibou, puis en protection de ce dernier.

Le second échange avec MATTEL a permis de confirmer en grande partie les besoins qui avaient été exprimés lors du premier échange.

L'intérêt de mettre en place une nouvelle sortie internationale terrestre vers le Sénégal via la ville de Rosso a été de nouveau confirmé par MATTEL qui le voit comme une priorité en attendant la

mise en œuvre du nouveau câble sous-marin à Nouadhibou. Cette liaison terrestre est perçue comme un important levier de sécurisation de la connectivité internationale de la Mauritanie.

MATTEL a également insisté sur le besoin d'upgrader les services de capacité proposés sur le marché mauritanien d'une technologie SDH perçue comme trop limitante et obsolète vers une technologie WDM. En outre, MATTEL a manifesté un fort intérêt pour la souscription de services de transit IP afin de sécuriser davantage son trafic sur son réseau.

Lors de cette seconde consultation, MATTEL a fourni des indications additionnelles quant au niveau de capacité qu'il souhaiterait souscrire à l'ouverture du réseau sur les liaisons souscrites en service activé. Sur les liaisons suivantes, MATTEL anticipe avoir un besoin de capacité de 5Gbps à leur ouverture :

- Nouakchott – Nouadhibou
- Nouakchott – Rosso
- Aleg – Boghé
- Choum – Zouerate
- Atar – Tidjikja – Kiffa

Ces besoins devraient croître dans le temps en ligne avec les projections de trafic calculées par Tactis à l'échelle nationale et indiquée dans la section précédente.

Enfin MATTEL a indiqué être moyennement satisfait du niveau de qualité de service fourni par l'IMT dans le cadre de l'exploitation du réseau WARCIP existant. L'arrivée d'un opérateur d'infrastructure international de renom lui apparaît comme rassurant.

Hypothèses de modélisation : le niveau de trafic initial par liaison de MATTEL a été estimé sur la base des déclarations de celui-ci. Son évolution dans le temps est ensuite calculée de la même manière que pour Mauritel, compte tenu d'une estimation de part de marché et de niveau de trafic global sur la liaison. Comme pour Mauritel, il convient de rappeler que pour certaines liaisons MATTEL entend souscrire des services de fibre noire plutôt que des services de capacité activée.

CHINGUITEL

Il ressort des premiers échanges avec CHINGUITEL qu'aujourd'hui, son backhauling est assuré à travers un mix technologique qui inclut des FH, des FH "Cambridge" et des fibres optiques interurbaines qu'il souscrit en capacité activée. CHINGUITEL travaille à la conception d'anneaux à 2,5 Gbps via de l'achat de capacité aux wholesalers du marché avec un calendrier de réalisation de l'ordre de 1 an.

À horizon 2-3 ans et le déploiement de la 4G, notre interlocuteur anticipe un upgrade à 10 Gbps. Concernant les modalités d'achat sur un nouveau réseau, CHINGUITEL n'est a priori pas intéressé par l'achat ou la location de fibre noire car le coût des équipements et la gestion de leur maintenance leur semble prohibitif. L'ensemble des achats se ferait en capacité activée.

D'après l'opérateur, les axes suivants devraient être développés par ordre de priorité (sur lesquels l'opérateur achèterait de la capacité) :

- Nouakchott-Kiffa-Kobenni (la fibre existante de MAURITEL est ancienne et de mauvaise qualité)
- Nouakchott-Nouadhibou
- Nouakchott-Rosso (malgré la fibre aérienne ancienne de la SOGEM dont la capacité est insuffisante)
- Sandrava-Tidjikdja-Aleg-Bogue (peu de population mais enjeu majeur de sécurisation)
- Choum-Zouerate (malgré la fibre SNIM) et Adel-Bagrou-Nema-Bassiknou
- Kobenni-Djiguenni-Bousteille
- Choum-Nouadhibou - Tidjikdja-Atar

Outre les besoins liés au réseau domestique, CHINGUITEL serait intéressé par une ouverture vers le Sénégal par Saint Louis pour de la diversification internationale vis-à-vis du câble sous-marin ACE et de l'interconnexion pour ses besoins propres (pas forcément pour du commercialiser du service de transit). La question du Mali à travers Kobenni reste ouverte et pourrait l'intéresser.

Le second échange avec CHINGUITEL a permis de clarifier quelques points quant aux besoins de l'opérateur.

En premier lieu, celui-ci a indiqué une estimation quantitative du besoin de capacité à souscrire sur toutes les liaisons présentant un intérêt pour l'opérateur. Ce besoin à l'ouverture des liaisons est estimé à 10 Gbps pour chacune d'entre elles.

Pour rappel, les liaisons sur lesquelles CHINGUITEL souhaite souscrire un service sont les suivantes :

- Nouakchott – Nouadhibou
- Nouakchott – Rosso
- Nouackhott – Aleg
- Aleg – Boghé
- Choum – Zoueirat
- Atar – Tdjikja – Kiffa
- Tidjikja – Sangrave
- Aioun – Gogui
- Aoueinatt Ezbel – Djiguenni

Concernant les sorties internationales, outre les sorties sous-marine, CHINGUITEL a évoqué l'intérêt que pourraient présenter des sorties terrestres. Comme indiqué précédemment, une sortie vers le Sénégal (St Louis) via Rosso serait la plus intéressante à court terme. En complément, une sortie vers le Mali pourrait être intéressante. Contrairement au souhait initial évoqué d'une sortie vers le Mali à travers Kobenni, une sortie via Gogui semble plus indiquée. CHINGUITEL considère qu'une sortie vers l'Algérie pourrait être potentiellement intéressante ; toutefois un tel projet n'est pas prioritaire pour répondre aux besoins de l'opérateur.

Outre les services de capacité simple de type WDM, CHINGUITEL a manifesté un intérêt prononcé pour souscrire à d'éventuels services de transit IP afin d'augmenter le taux de disponibilité du réseau.

Hypothèses de modélisation : le niveau de capacité souscrit par CHINGUITEL a été estimé comme pour MATTEL. À l'ouverture des liaisons le niveau de capacité souscrit est estimé à hauteur des indications de l'opérateur. Ensuite, l'évolution éventuelle de ce niveau est estimée en croisant une hypothèse de part de marché avec le trafic total estimé sur la liaison compte tenu des données démographiques et de consommation individuelle. Le détail de ces calculs est fourni dans le modèle quantitatifs associé à ce rapport.

Hypothèses de volume pour le trafic domestique

Les hypothèses structurantes concernant l'évolution de la demande domestique émanant des opérateurs locaux et FAI sont résumées dans la figure ci-dessous.

Hypothèses de volume – trafic domestique	
Demande locale et niveau de trafic	La demande locale a été modélisée à la maille de chaque commune en croisant : les données démographiques (croissance population), l'évolution du taux de pénétration de l'internet mobile, l'accroissement des usages par utilisateur internet (vol. de Go). Les données démographiques sont issues de l'institut national des statistiques. Les données relatives à la pénétration de l'internet mobile et à l'évolution des usages par utilisateur sont le résultat d'un benchmark de pays de la région, études GSMA et examen rétrospectif des évolutions constatées en Europe. Ces données ont ensuite été converties en trafic (en Gpbs) sur la base d'un modèle de débit dimensionnant. Les niveaux de trafic par nœuds de réseau ont ensuite été distribué sur chacune des liaisons. <u>Evolution annuelle du niveau de trafic local :</u> • 2021-2030 : entre 43% et 48% / an de hausse • Post 2030 : hausse réduite à 22% / an

Synthèse des grandes hypothèses retenues pour la modélisation de la demande domestiques

7.2.2 Opérateurs internationaux et transit international

Compte tenu de sa position géographique, la Mauritanie est un territoire idéal pour faire transiter sur son sol une partie du trafic des opérateurs des pays voisins, qui bénéficieraient ainsi d'une route alternative pour accéder aux câbles sous-marins présents sur la façade Atlantique.

Mali et autres pays en amont

Lors de la première phase d'entretiens, les échanges que nous avons pu avoir avec des opérateurs Maliens n'ont fait ressortir qu'un intérêt de principe de la part de ceux-ci.

Actuellement l'essentiel du trafic malien est écoulé par le Sénégal et la Côte d'Ivoire. Une liaison existe avec le réseau MAURITEL en Mauritanie pour Sotelma (à travers la ville de Gogui). Toutefois, les opérateurs interrogés nous ont confirmé leur intérêt pour une deuxième interconnexion. Celle-ci pourrait idéalement être positionnée en réplication et sécurisation de l'infrastructure existante de MAURITEL à Gogui.

La deuxième phase d'entretiens avec les opérateurs mauritaniens a fait ressortir que ceux-ci entretiennent des échanges réguliers avec leurs homologues maliens en vue d'accroître la part du trafic de ce pays transitant à travers la Mauritanie. Des représentants du ministère malien des télécommunication ont évoqué directement auprès de MATTEL leur souhait de voir les infrastructures existantes à Gogui être dupliquées afin de pouvoir faire transiter en Mauritanie une partie plus importante du trafic international du pays.

En complément de la demande issue du Mali, d'autres pays enclavés de la région pourraient générer du transit international, en particulier le Niger. Ce besoin n'a pas pu être confirmé directement auprès d'opérateurs locaux et il n'apparaît pas entièrement acquis dans la mesure où ces pays disposent déjà de liaisons internationales vers la Côte d'Ivoire, le Ghana et le Nigéria, voire le Sénégal via des systèmes de type Djoliba (réseau à fibres optiques de l'Afrique de l'Ouest déployé et administré par Orange).

Hypothèses de modélisation : nous avons retenu dans nos modélisations les trois hypothèses suivantes pour estimer le niveau de trafic issu de ces pays qui transiterait par le réseau étudié :

- 5% du trafic international du Niger transiterait par le Mali
- 10% du trafic international du Mali transiterait lui-même par la Mauritanie
- Nous avons estimé que le projet proposé permettrait de capter 50% du trafic international en provenance de ces pays qui arriverait en Mauritanie

Algérie

Trafic en provenance de l'Algérie : la deuxième phase de l'étude nous a permis de conduire plusieurs échanges avec les équipes de l'opérateur historique algérien, Algérie Télécom.

Algérie Télécom a mené un exercice en deux temps de : 1) enquête auprès de ses clients internationaux et locaux susceptible d'être intéressés par des services de transit international à travers le territoire mauritanien ; 2) modélisation d'un business plan potentiel pour la commercialisation de tels services à horizon 20 ans.

Il est ressorti de cette première phase du travail des équipes d'Algérie télécom un fort intérêt de la part de 6 opérateurs internationaux de type tiers 1 qui souhaitent compléter leurs réseaux internationaux dans la région par une liaison terrestre en Mauritanie pour le rendre plus robuste. De ces expressions de besoins, Algérie télécom estime qu'il pourrait résulter un trafic conséquent sur une liaison entre la Mauritanie et l'Algérie dans les prochaines années.

Algérie Télécom n'a pas partagé le détail de ses modalisations en termes de niveau de trafic généré en provenance de l'Algérie. Toutefois une vision financière de la demande a été fournie à l'équipe projet. Les revenus en générés par le trafic en provenance d'Algérie sont estimés à :

- 200k€ de revenus annuels en 2025
- 500k€ annuel en 2034
- 950k€ annuel en 2042

Trafic à destination de l'Algérie : le cabinet Tactis a estimé qu'en cas de construction d'une liaison avec l'Algérie une portion du trafic national mauritanien pourrait transiter par celle-ci. Il a été considéré que Mauritel n'utiliserait pas une telle liaison dans la mesure où l'opérateur bénéficie déjà d'une sortie terrestre à travers le Sahara occidental - Maroc.

Ainsi, 10% du trafic généré par l'ensemble des autres opérateurs (MATTEL, CHINGUITEL et les FAI) a été envisagé comme ordre de grandeur du trafic en provenance de Mauritanie qui pourrait transiter vers l'Algérie.

Ces chiffres ont été pris en tant qu'hypothèse conservatrice dans la mesure où aucun des opérateurs rencontrés n'a été en mesure de nous fournir des ordres de grandeur du trafic qui pourrait transiter par une telle liaison.

GAFAM³⁴

En complément des pays frontaliers, une autre catégorie d'acteurs apparaît comme des potentiels clients sur le volet international : les GAFAM. Après un développement important de leurs activités au niveau des câbles sous-marins, ceux-ci semblent de plus en plus présents dans le domaine des réseaux optiques terrestres.

En effet, ces liaisons complémentaires terrestres apparaissent comme un moyen efficace de sécuriser leurs réseaux internationaux et un moyen de se prémunir d'éventuelles coupures de câbles sous-marins. Cela leur permet en outre de maîtriser l'ensemble de la chaîne de valeurs, depuis le contenu jusqu'à sa distribution.

Ainsi, depuis quelques années on assiste de plus en plus à la mise en place de projet de réseaux terrestres où des acteurs de type GAFAM interviennent soit en financement du projet d'infrastructure soit en tant que client via la souscription de paires de fibre optiques passives.

Dans le cadre de l'étude, nous n'avons pas été en mesure de sonder directement des acteurs type GAFAM pour leur présenter le projet de réseau mauritanien, toutefois nous avons eu la confirmation de la part des équipes de wholesale international de plusieurs opérateurs internationaux tiers 1 de l'intérêt que pourrait susciter le réseau mauritanien pour ces GAFAM.

En effet, compte tenu de la localisation géographique du pays, il apparaît comme un axe incontournable pour sécuriser les réseaux internationaux des GAFAM à destination des grands pays d'Afrique de l'Ouest soit francophone soit anglophone avec le Nigeria en tête en doublant les réseaux sous-marins existants.

Hypothèses retenues pour la modélisation : dans les modélisations conduites par Tactis nous avons intégré une part de demande d'acteurs types GAFAM à travers la souscription de paires de fibres noires sur deux axes :

- L'axe Nouadhibou-Rosso vers le Sénégal : nous avons estimé que deux GAFAM souscriraient chacun une paire de fibres noires dès 2025
- L'axe Nouakchott-Gogui vers le Mali : nous avons considéré qu'un troisième GAFAM souscrirait une paire de fibres noires à partir de 2026

Dans les deux cas, ces services seraient souscrits sous forme d'IRU.

7.2.3 Fournisseurs d'accès à Internet

Suivant la remise du rapport préliminaire nous avons eu l'opportunité d'échanger de nouveau avec les équipes de direction du FAI Conecty ; ainsi que de rencontrer l'équipe dirigeante de Sahel Telecom. Ces échanges complémentaires ont permis de confirmer l'ensemble des

³⁴ GAFAM = Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft

besoins exprimés par Conecty au début de l'étude et de nous assurer que ceux-ci sont conformes à ceux de ses concurrents tels que Sahel Telecom.

Il ressort de nos échanges que la priorité numéro une en termes de nouvelles liaisons pour les FAIs est d'accéder à des capacités interurbaines entre Nouakchott et Nouadhibou et entre Nouakchott et Rosso.

Nouadhibou est la deuxième ville du pays en population et constitue un marché important pour les FAIs. Compte tenu de la déficience de la fibre Mauritel sur l'axe direct (coupure 1x par semaine pour 1-2 jours), l'accès à Nouadhibou doit se faire en empruntant la ligne SNIM dont les tarifs de gros empêchent les FAI de concevoir des offres retail à un tarif viable. Par ailleurs, les FAIs anticipent l'atterrissement du deuxième câble sous-marin à Nouakchott et souhaitent pouvoir sécuriser leur trafic avec une liaison de très haute capacité, ce qui n'est pas envisageable à date.

En ce qui concerne Rosso, les FAIs anticipent qu'elle deviendra dans un futur proche la 3ème si ce n'est la 2ème ville du pays du fait d'une démographie très importante et de sa proximité avec le Sénégal. L'actuelle fibre de l'OMVS/Sogem offre une capacité de transport relativement limitée qui ne permet pas de couvrir les besoins de trafic que les FAI anticipent. De plus, la localisation à la frontière avec le Sénégal en fait une interconnexion naturelle pour apporter un complément de sécurisation du réseau. Pour cette raison, la mise en place d'une deuxième liaison sous-terrainne en plus de la liaison aérienne existante est perçue comme importante. Elle permettrait de mieux absorber le trafic tout en rendant le réseau plus résilient.

Enfin, en termes de part du trafic, on peut s'attendre à ce que les FAIs représentent 10% de celui-ci. Conecty vise 80k clients en 5 ans. Le marché anticipe que seuls 4-5 FAIs resteront en place de manière pérenne à cet horizon de temps. En répliquant cette ambition, on peut s'attendre à ce que les FAIs bénéficient de 320-400k clients, ce qui représenterait 9% du parc d'abonné Internet mobile.

7.2.4 Autres acteurs

Concernant les besoins des acteurs publics, la seconde visite réalisée au cours du mois de Mars 2022 n'a pas fait émerger de nouveaux besoins en comparaison à ceux qui avaient été identifiés lors des premiers échanges en Novembre-Décembre 2021.

Pour rappel, durant cette première visite, sept acteurs publics ont été consultés pour cerner les enjeux d'un nouveau réseau intégrant WARCIP (ex. besoins de capacité/connectivité, réglementation en vigueur en matière environnementale et sociale, projets routiers en cours, règles et conditions en matière de partenariats privé/public) :

- Le Ministère de la Transition numérique, de l'Innovation et de la Modernisation de l'Administration (MTNINA)
- Le Ministère de l'Éducation nationale et de la Réforme du Système éducatif (MENFTR)
- Le Ministère de l'Intérieur et de la Décentralisation (MIDEC)
- La Télédiffusion de Mauritanie (TDM)
- Le Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD)
- Le Ministère de l'Équipement et des Transports (MET)
- Le Ministère des Affaires économiques, et de la Promotion des secteurs productifs (MAEPSP)

Parmi eux, seuls le MTNINA, le MENFTR, le MIDECE et la TDM ont exprimé des besoins de connectivité digitale ; les autres ministères étant consultés pour préciser les environnements opérationnels et réglementaires afférant à la construction d'un nouveau système de télécommunications.

Les hypothèses principales concernant le volume de trafic international anticipé ainsi que pour le nombre de sites à connecter avec des offres d'accès sont résumés ci-dessous.

Hypothèses de volume - Trafic international & accès	
Transit international – Mali & Niger	• 5% du trafic international du Niger transitant par le Mali • 10% du trafic international du Mali transitant par la Mauritanie • Le projet capterait 50% du trafic international en provenance du Mali (concurrence avec <u>Mauritel</u>)
Transit international – Algérie	• En sortie : 10% du trafic total généré par les opérateurs et FAI hors <u>Mauritel</u> (<i><u>Mauritel</u> dispose de sa propre sortie vers le Maroc</i>) • En entrée : Estimation financière fournie par Algérie Télécom en direct suite à plusieurs itération et sur la base de leurs travaux (<i>recettes estimées : 240k€ en 2025 ; 618k€ en 2034 ; 1,14m€ en 2042</i>)
Transit international – <u>Gafam</u>	• x2 paires de fibre sur l'axe Nouadhibou-Rosso pour un <u>Gafam</u> à l'ouverture de la liaison en 2025 • x1 nouvelle paire de fibre sur l'axe Nouakchott-Gogui (Mali) pour un deuxième <u>Gafam</u> à partir de 2026
Accès (<i>Moughatas, lycées, etc.</i>)	• De 40 à 61 sites à connecter pour de la fournitures d'accès (sièges de régions & départements, lycées, etc.)

Synthèse des principales hypothèses de volume relatives à la demande internationale et aux services d'accès

7.3 Liste des services proposés et hypothèses de tarification associées

Le catalogue des services proposés par le nouvel opérateur d'infrastructure qui exploiterait le réseau serait relativement réduit au départ et comporterait essentiellement trois types de services :

- Des services de transport et capacité interurbains domestiques. Ces services s'adresseraient essentiellement aux opérateurs locaux (MAURITEL, MATEL, CHINGUITEL) ainsi qu'aux principaux FAI qui émergent sur le marché mauritanien (Sahel Télécoms, Conecty, etc.)
- Des services de capacité et transit international. Ceux-ci seraient essentiellement à destination des opérateurs internationaux, au premier lieu desquels les opérateurs des pays frontaliers Mali : Sotelma, Orange Mali, Telecel ; Niger : Onatel Zamani Télécom, Moov Niger, Airtel Niger.

Des services d'accès à destination des acteurs publics issus du monde de l'éducation ou de la santé, ainsi que les principales administrations régionales et locales pour

connecter leurs principaux sites. La télédiffusion de Mauritanie constituerait également un client additionnel pour de tels services afin de raccorder ses sites de broadcasting.

Les services de capacité, qu'ils soient domestiques ou internationaux seront de deux types essentiellement :

- Services de capacité activée
 - Il s'agit de services souscrits pour un niveau de capacité donné basé sur une technologie WDM. L'opérateur client n'aurait qu'à souscrire au service proposé sans se préoccuper de l'activation du réseau et des équipements associés.
 - En complément de cette couche physique WDM, il sera proposé aux opérateurs clients de souscrire à une option IP en complément du service de base WDM afin de bénéficier d'une meilleure sécurisation, même partielle comme vu plus haut, du réseau.
 - Dans un cas comme dans l'autre, ces services seront commercialisés sous forme de location en fonction du niveau de capacité souscrit. Les tarifs sont détaillés dans le tableau ci-dessous.
- Services de capacité passive
 - Alternativement, les opérateurs pourront souscrire des services de capacité passive sous forme de fibre noire. Dans ce cas, l'opérateur client aura la charge d'activer lui-même les liaisons louées avec ses propres équipements actifs qu'il devra gérer de manière autonome.
 - La commercialisation de ce type de service ne sera possible que sous forme d'IRU qui incluront le paiement d'une indemnité fixe par km de réseau loué ainsi qu'un résiduel de maintenance égal à 10% de l'indemnité fixe.
- Services d'accès : les services d'accès concernent la connexion aux réseaux de sites terminaux pour certains clients tels que les administrations ou les lycées.

La tarification des différents services proposés peut être résumée comme suit :

- Les services de capacités activée WDM sont commercialisés en location à un prix annuel en € / Mbps / mois. Qu'il s'agisse de services domestiques ou internationaux, le prix défini suite à un benchmark est de 5,5€ / Mbps / mois.
 - Ces prix sont soumis à une évolution annuelle, à la baisse, différenciée dépendamment du fait qu'il s'agisse de services domestiques ou internationaux. L'évolution annuelle est respectivement de -15% par an et -25% par an. La baisse annuelle pour les tarifs internationaux est plus prononcée du fait d'une plus grande compétitivité du marché en comparaison avec le marché domestique.
- Les services optionnels liés à la couche IP que les opérateurs peuvent souscrire en surcouche des services WDM permettent d'appliquer un incrément de 20% par rapport au prix du service de base WDM.
- Les services de fibre optique noire (FON) sont commercialisés sous forme d'IRU sur une durée de 15 ans :

- Le montant de l'avance ("up-front") est de 1440€ / km de réseau loué
 - Le récurrent annuel est défini à hauteur de 10% du montant de l'avance (soit 14,4€ / km / an)
 - Le récurrent est soumis à une indexation de 2% / an
 - Au bout de 15 ans de location d'une IRU, si l'opérateur client souhaite la renouveler il devra verser de nouveau le montant de l'avance comme pour la souscription initiale
- Concernant les services d'accès, la tarification dépend du type de site raccordé :
- Quel que soit le type de site, le client devra payer un FAS (frais d'accès au service) d'un montant de 105€ au moment de la souscription
 - Le prix mensuel pour un site administratif de type moughata est de 171€ / mois
 - Le prix mensuel pour un site de type lycée est de 118€ / mois
 - Les prix mensuels sont indexés annuellement à hauteur de l'inflation nationale estimée autour de 5% / an

Hypothèses de prix des différents services proposés	
Tarification WDM demande domestique	• Prix : 5,5€ / Mbps / mois • Evolution : -15% / an
Tarification WDM demande internationale	• Prix : 5,5€ / Mbps / mois • Evolution : -25% / an
Tarification couche IP	• Prix : Premium de 20% versus prix WDM
Tarification FON (sous forme d'IRU)	• Prix paiement up-front : 1.440€ / Km ($\Leftrightarrow$ 1.500\$ / Km) • Prix récurrent : 10% de l'up-front • Indexation du récurrent : 2% / an • Durée IRU : 15 ans
Tarification accès (moughatas, lycées, etc.)	• FAS : 105€ • Récurrent Moughata : 171€ / mois • Récurrent Lycée : 118€ / mois • Indexation : 5% (en ligne avec inflation)

Principales hypothèses de tarifs retenues dans le cadre de la modélisation économique

7.4 Hypothèses concernant les modalités de commercialisation et de souscription

Dans le cadre de la modélisation réalisée, nous avons retenu un certain nombre d'hypothèses quant aux types de services souscrits par les différents futurs clients du réseau et les modes de commercialisation.

7.4.1 Opérateurs domestiques

Comme évoqué dans la partie relative aux besoins des opérateurs, ceux-ci ont exprimé des préférences différentes dans la manière dont ils souhaiteraient souscrire à des services de capacité proposés par le réseau envisagé.

MAURITEL

MAURITEL a exprimé le souhait de ne souscrire que des services de capacité passif sous forme d'IRU de fibres noires sur l'ensemble des liaisons principales du réseau.

Les services de capacité activée ne seront souscrits que sur les liaisons dites secondaires, correspondant aux projets d'aménagement du territoire et dont les niveaux de trafic sont limités.

Enfin, MAURITEL ne prévoit de souscrire à des services de Transit IP sur aucune des liaisons du réseau. Seuls des services activés de type WDM simples seront souscrits par l'opérateur.

MATTEL

Nous avons formulé l'hypothèse dans notre modélisation que MATTEL souscrirait à des services de capacité passive sous forme d'IRU de fibres noires sur les deux liaisons les plus importantes du réseau en termes de flux de données : Nouadhibou-Nouakchott et Nouakchott-Rosso. Sur l'ensemble du reste du réseau il a été retenu que MATTEL souscrirait des services de capacité activée. Compte tenu de l'intérêt exprimé par MATTEL lors des entretiens, l'hypothèse d'une souscription à une couche de services IP sur l'ensemble du réseau a été retenue pour cet opérateur.

CHINGUITEL

Nous avons formulé l'hypothèse dans notre modélisation que CHINGUITEL ne souscrirait qu'à des services de capacité activée sur l'ensemble du réseau. A l'instar de MATTEL, il a été retenu que CHINGUITEL souscrirait une couche de service IP transit sur toutes les liaisons afin de sécuriser son trafic.

Hypothèses de mix produit pour les opérateurs domestiques

Types de services souscrits par les opérateurs et FAI domestiques	Mauritel	Mattel	Chinguitel	FAI
	100% FON sur les liaisons principales Services activés uniquement sur les liaisons secondaires Uniquement WDM, aucune souscription à une couche de service IP	FON sur les 2 plus grosses liaisons (Nouadhibou-Nouakchott ; Nouakchott-Rosso) Services activés sur toutes les autres liaisons Souscription à une couche IP sur l'ensemble des liaisons dès lors que le service est proposé	100% services activés sur l'ensemble des liaisons Souscription à une couche IP sur l'ensemble des liaisons dès lors que le service est proposé	100% services activés sur l'ensemble des liaisons Souscription à une couche IP sur l'ensemble des liaisons dès lors que le service est proposé

Mode de souscription aux services de capacité et transport domestique pour les opérateurs mauritaniens

7.4.2 Acteurs internationaux

Opérateurs frontaliers

Dans le cadre de la modélisation il a été considéré que l'ensemble des opérateurs internationaux de type frontalier souscriraient des services de capacité activée. Dans la mesure où une couche IP est proposée, nous avons considéré dans le modèle que ces opérateurs y souscriraient.

Dans le cas d'Algérie Télécom, l'hypothèse que les services souscrits seraient des services de capacité activée reste vraie. Toutefois nous n'avons pas modélisé directement les volumes de trafic et avons simplement injecté la vision financière des revenus envisagés calculés directement par Algérie Télécom sur la base de ses propres modélisations.

GAFAM

Nous avons fait l'hypothèse que les GAFAM qui souscrirait des services sur le réseau ne le feraient que sous la forme de services de capacité passive prise sous forme d'IRU de fibre.

7.4.3 Autres clients

Administrations et lycées

L'ensemble des sites de types bâtiments administratifs (moughataas) et lycées seront desservis à travers des offres d'accès telles que présentées dans la section précédente.

TDM

Le cas de la TDM est hybride dans la mesure où les revenus sont générés par sites, en fonction à la fois du niveau de trafic moyen par site en Mbps et de l'ARPU par Mbps tel que tarifé dans les offres de capacité. Bien que l'ARPU de base soit celui du Mbps des offres de capacité activée, ces revenus sont bien pris en compte dans la partie revenus d'accès du business plan.

8. ANALYSE ECONOMIQUE ET BUSINESS PLAN

La section ci-dessous synthétise les résultats de l'ensemble des travaux de modélisation économique qui ont été réalisés sur le projet. Ils incluent : 1) les estimations des budgets d'investissements sur la base du travail de design du réseau ainsi que les *field surveys* réalisés au cours des derniers mois ; 2) l'évaluation des coûts opérationnels à supporter compte tenu des hypothèses de design du réseau et des modes d'organisation retenus par Orange et des niveaux de qualité de services associés ; 3) les estimation de revenus attendus sur la base de la modélisation de la demande tant domestique qu'internationale ; 4) une première estimation de la valeur actualisée des cashflows du projet compte tenu de l'équilibre entre les cashflows entrants et sortants ; 5) enfin, des pistes d'optimisation potentielles visant à alléger le montant des investissements à réaliser.

8.1 Évaluation des coûts d'investissement

Les coûts d'investissement (CAPEX) du projet ont été évalués à l'issue d'un travail minutieux conduit en deux temps : 1) d'abord une phase de conception du réseau en termes d'architecture et de choix technologique structurants ; 2) une phase d'étude terrain pour étudier les coûts de construction et de déploiement du réseau envisagé.

La première phase de design a été menée conjointement entre Orange, Axians et les différents équipementiers avec lesquels il est envisagé de construire le réseau. La phase d'études terrain a été réalisée par Axians et des partenaires mauritaniens au cours des derniers mois. Elle visait à étudier en détail la topographie et les spécificités des zones de construction et d'évaluation envisagée du réseau pour en évaluer au plus près les coûts.

Les éléments de CAPEX pris en comptes dans le cadre de la modélisation économique sont les suivants :

- CAPEX passifs des liaisons hors sites : ces éléments concernent les parties du réseau à construire en propre. Ils incluent essentiellement le coût de construction des liaisons fibre optiques en tant que telles. Ils comportent la fourniture des équipements passifs (câbles de fibre), les droits d'importation applicables (~24% selon le type de biens), la fourniture des équipements et matériaux nécessaires à la réalisation des travaux de génie civil et bien entendu l'ensemble des coûts de prestation et de main d'œuvre nécessaires à la réalisation de ces travaux.
- Les IRU de fibre optique noire : pour les portions de réseaux qui ne seront pas construites en propre, le projet envisage de souscrire des services de fibres noires auprès d'autres acteurs mauritaniens sous forme d'IRU d'une durée de 15 ans. Le paiement de l'avance de frais (« paiement up-front ») s'apparente à un investissement de type CAPEX analogue aux CAPEX passifs des liaisons hors sites.

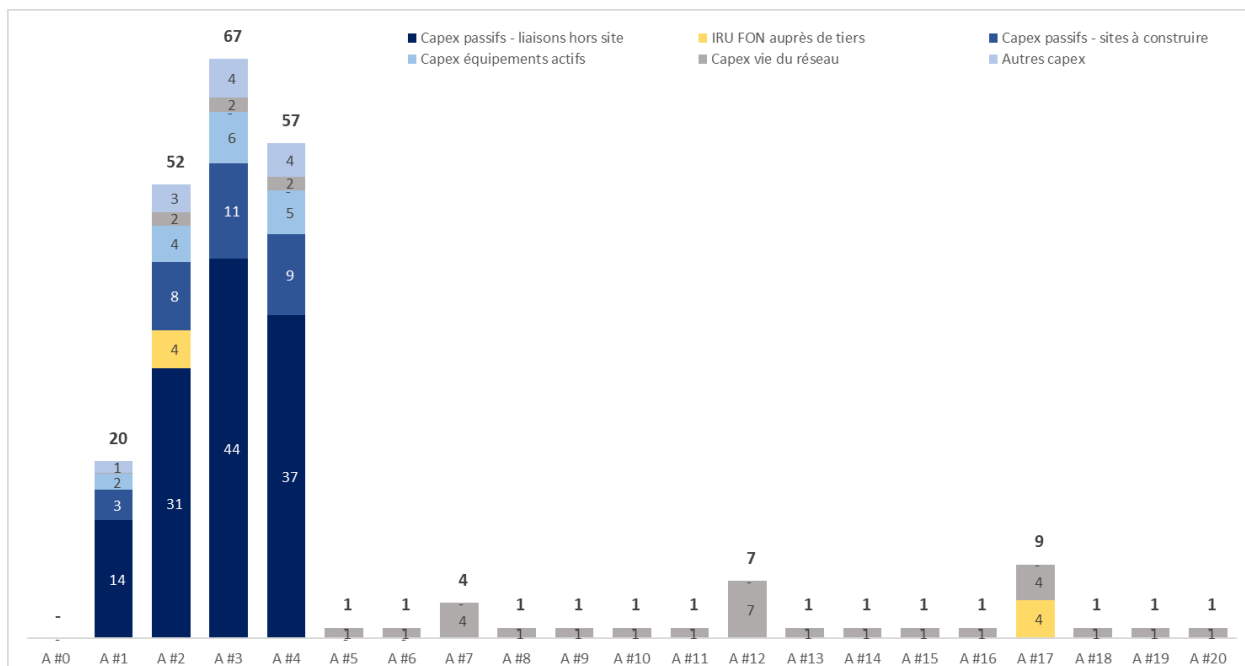
- CAPEX passifs des sites à construire ou à équiper : en sus des liaisons, la construction du réseau nécessitera soit de construire des sites aujourd'hui inexistants, soit d'aménager des sites colocalisés avec des sites existants d'autres opérateurs. Ces investissements incluent plusieurs aspects : la construction de chambres, la mise en place d'équipements de type raccordement électriques, panneaux solaires, ateliers d'énergie dotés de batteries, mise en place de systèmes de climatisation, etc. Les prix unitaires de ces CAPEX passifs par site varient selon le type de site : de 140k€ pour un site de répétition de signal colocalisé, jusque 777k€ pour un site d'extraction inexistant et hors de la zone de raccordement au réseau électrique de SOMELEC.
- CAPEX équipements actifs : les investissements en infrastructures passives doivent être complétés par l'acquisition d'équipements actifs qui permettent en éclairant les fibres optiques passives de transmettre des signaux et de l'information. Ces investissements incluent la fourniture des équipements actifs et de leurs supports, leur intégration de manière cohérente dans chacun des sites et en conformité avec les choix d'architecture réseau ainsi que les coûts de prestation et de main d'œuvre nécessaires à la réalisation de ces tâches.
- CAPEX vie du réseau : les CAPEX de vie du réseau incluent l'ensemble des dépenses d'investissements qu'il sera nécessaire de réaliser durant la vie du réseau et son exploitation. Dans la modélisation proposée, ils incluent essentiellement trois éléments : les coûts liés à l'enfouissement et au dévoiement du réseau en cas de travaux (ex : travaux de route) ; le renouvellement des équipements passifs des différents sites (ateliers d'énergie et batterie, systèmes de climatisation, panneaux solaires, etc.) et enfin l'acquisition des stocks d'équipements de rechange nécessaire à la maintenance du réseau et aux éventuelles réparation nécessaires.
- Autres CAPEX : les autres CAPEX regroupent l'ensemble des dépenses d'investissements associées au projet qui ne rentrent dans aucune des catégories précédentes. Ces dépenses sont constituées de 6 postes principaux : les coûts de sécurisation des chantiers en zone rouge (~9,7m€) ; les études environnementales et le plan d'action associé ; la supervision de la construction du réseau ; la création d'un NOC ; le développement d'outils SI et de supervision du réseau ; la caractérisation des fibres noires existantes qui seront souscrites sous forme d'IRU à des acteurs tiers.

Le séquençement du paiement de ces CAPEX devrait être directement corrélé avec l'avancement de la construction du réseau dans le temps pour l'essentiel des CAPEX. Prises dans leur ensemble et sur une durée de 20 ans (durée envisagée pour le projet), les dépenses d'investissement du projet devraient représenter un total 232m€ de CAPEX.

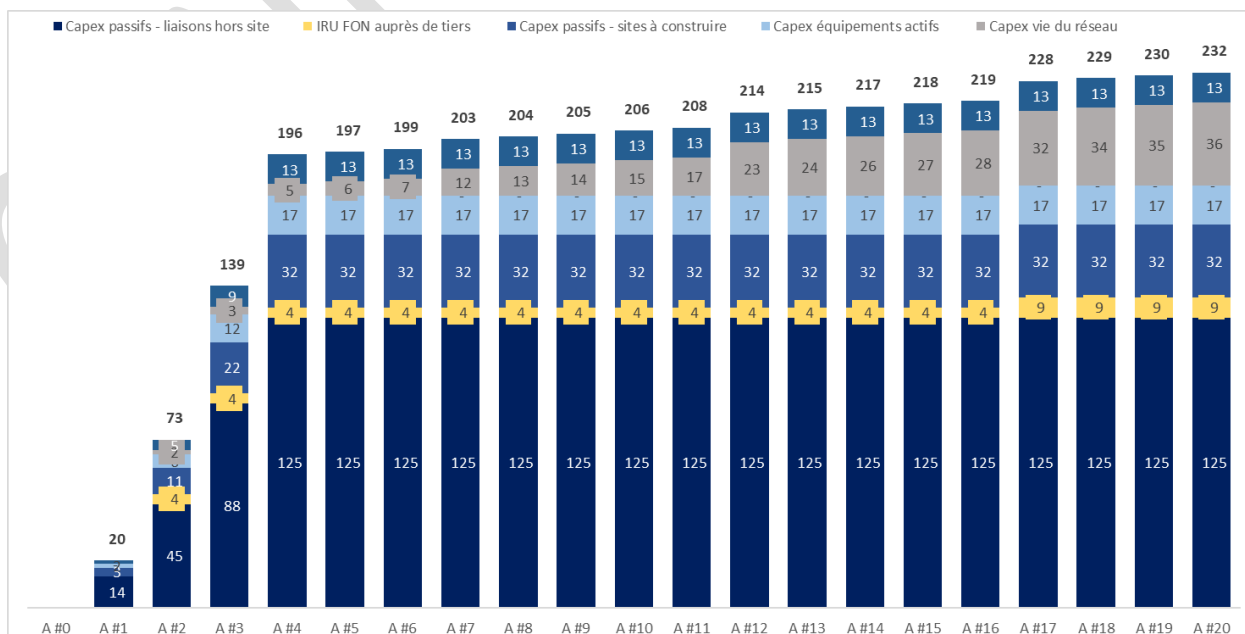
Les 4 premières années (en théorie à partir de 2023) durant lesquelles la construction du réseau devrait être menée devraient concentrer 85% du total des dépenses de CAPEX avec un montant de 196m€. Au cours de ces mêmes 4 premières années de construction, la grande majorité de ces 196m€ de CAPEX devraient résulter de la construction des liaisons passives en tant que tel (64% du total à hauteur de 125m€). Les CAPEX de construction des sites devraient peser eux pour 16% du total, soit 32m€ de CAPEX. On compte ensuite les équipements actifs (9%, 17m€) ; les autres CAPEX (7%, 13m€) ; les IRU et les 1ers CAPEX de vie du réseau.

Les 15% de CAPEX post construction du réseau devraient représenter un total de 36m€ et être quasiment exclusivement composés de CAPEX de vie du réseau et marginalement de CAPEX de renouvellement des IRU de fibres noires.

L'actualisation sur 20 ans (à un taux de 12%) du flux de CAPEX du projet aboutit à une VAN (valeur actuelle nette) des investissements totaux de 136m€.



Chronique annuelle des investissements pour la construction du réseau ventilés par type de CAPEX (année 1-20 ; en m€)



8.2 Évaluation des charges d'exploitation

A l'instar des coûts d'investissement du projet, l'estimation des charges d'exploitation (OPEX) a été réalisée de manière conjointe entre les équipes d'Orange et d'Axiens sur le volet technique avant d'être traitée par les équipes de Tactis pour obtenir une vision financière. Dans un premier temps, les équipes techniques ont réalisé un travail de « modélisation opérationnelle » pour comprendre les implications opérationnelles des choix réalisés concernant l'architecture du réseau, le mode de fonctionnement souhaité entre les différentes entités d'Orange et d'éventuels prestataires, ainsi que le niveau de qualité de service voulu. Ces éléments opérationnels ont ensuite été convertis dans une vision financière pouvant être intégrée dans la modélisation économique.

Les charges d'exploitation du réseau ont été regroupées en quatre catégories principales :

- COS³⁵ : les coûts de production des services commercialisés constituent de loin le premier poste de dépense au sein des charges d'exploitation. Ils sont alimentés par six postes de dépenses principaux.
 - Prestation Orange : ces coûts regroupent l'ensemble des prestations de supervision du fonctionnement du réseau assurées par les différentes entités du groupe Orange en soutien au projet.
 - Location sites colocalisés : il s'agit des coûts de location payés à des acteurs tiers pour colocalisés les équipements actifs du réseau dans des sites existant appartenant à ces acteurs tiers. Typiquement, il s'agit des sites loués à la SNIM, à MAURITEL, CHINGUITEL, l'IMT et la SDIN, etc.
 - Location fibre noire : il s'agit des loyers et des frais récurrents payés aux acteurs tiers auxquels le projet prévoit de louer des fibres noires passives sous forme d'IRU. En sus du paiement d'avance (« up-front ») payer en début de période, un paiement récurrent de 10% du montant initial est à prévoir chaque année pour ce service.
 - Redevance occupation du domaine public : en vertu des lois mauritaniennes, tout opérateur qui construit un réseau dont l'emprise surplombe le domaine public doit payer une redevance d'occupation. Celle-ci dépend de la longueur du réseau construit et des m² de surface occupée par les différents sites techniques le long du réseau.
 - Coût de l'énergie : il s'agit de l'ensemble des coûts supportés pour approvisionner l'énergie, soit électrique soit primaire, les différents sites afin que les équipements du réseau puissent fonctionner normalement. Ces coûts d'énergie varient selon le type de site : site raccordé au réseau SOMELEC, site non raccordé au réseau SOMELEC, etc. Les coûts selon les cas incluront : le paiement de l'abonnement SOMELEC et de la consommation d'électricité du site, le paiement pour l'acquisition et le transport de fioul pour permettre le fonctionnement de groupes

³⁵ COS = Cost Of Sale

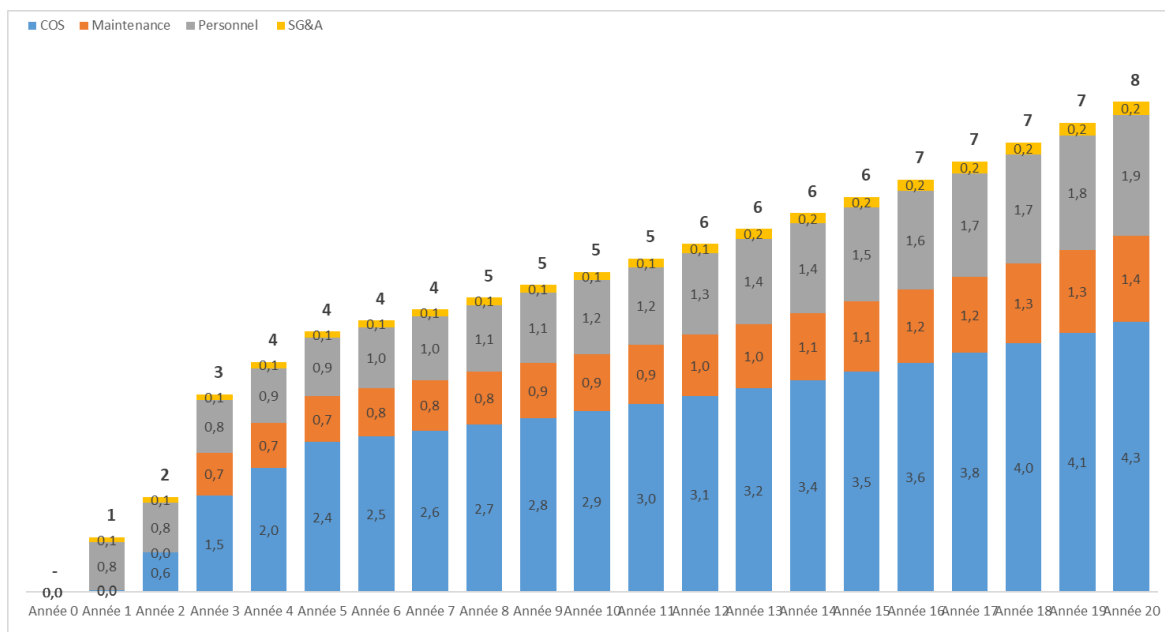
électrogènes, ou bien les visites de vérification et supervision des équipements photovoltaïque pour les sites hors réseau.

- Coûts de la maintenance : les coûts de maintenance inclus dans la modélisation sont de deux types
 - o Les coûts de maintenance des équipements actifs supportés auprès du fournisseur de ces équipements (Ekinops, le fournisseur français est pressenti compte tenu de ses compétences et expérience, notamment en Afrique).
 - o Les autres coûts de maintenance soit préventive, curative non assurés par le fournisseur, les frais de formation des équipes, etc.
- Coûts de personnel : ils sont inclus dans ces coûts l'ensemble des frais de personnel de la structure locale du projet.
- SG&A (frais administratifs & autres) : ils sont inclus dans ces coûts l'ensemble des frais de gardiennage des différents sites et de manière plus générale l'ensemble des coûts hors masse salariale de la structure locale. On peut citer entre autres : les loyers, les véhicules, les consommables, les frais de comptabilité et commercialisation, les coûts juridiques, etc.

L'ensemble des coûts d'exploitation a été indexé à hauteur de 3% ou 5% selon que ceux-ci soient supportés en France ou en Mauritanie.

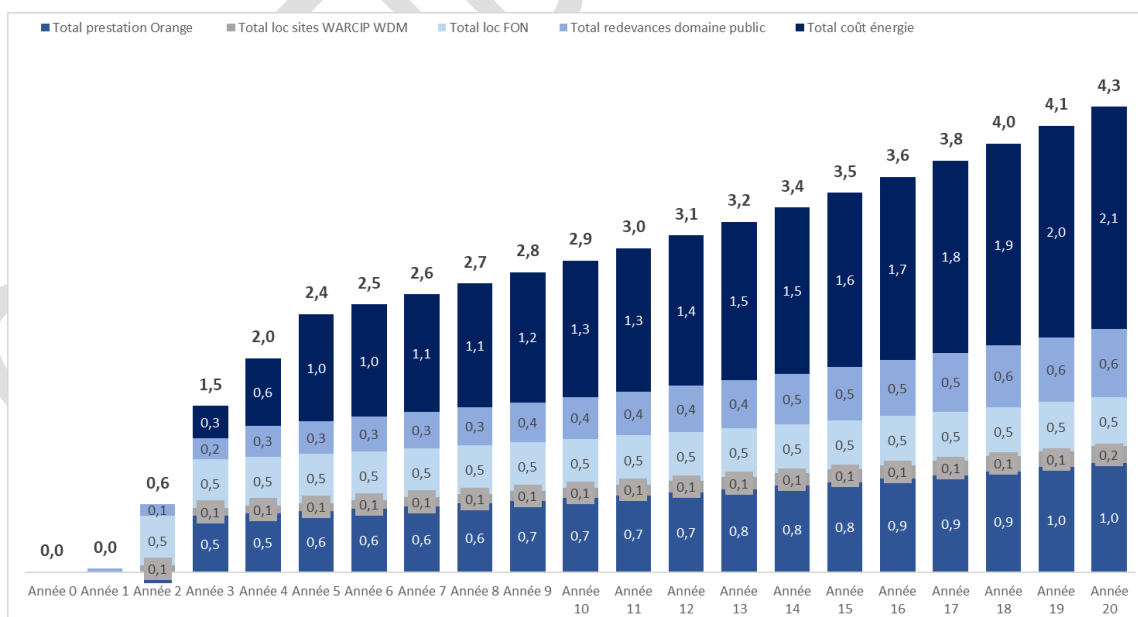
Les coûts d'exploitation du projet devraient représenter un total de 102m€ étalés sur une période de 20 ans. Ceux-ci devraient rester relativement modestes en début de période à mesure que le projet monte en charge du fait du poids important des coûts de type COS qui dépendent en grande partie du niveau d'exploitation du réseau.

À partir des quatrième et cinquième année où la commercialisation du réseau et son exploitation entreront en régime de croisière, les charges d'exploitation annuelles devraient être de l'ordre de 4m€ par an. Elles devraient augmenter de manière constante du fait de leur indexation. En année 20 du projet, ces coûts annuels devraient être quasiment doublés puisqu'ils se situeront à haute de presque 8m€ annuel.



Chronique annuelle des dépenses d'exploitation (année 0-20 ; en m€)

Les COS devraient représenter l'essentielle des charges d'exploitation annuelles durant toute la durée du projet. Leur part devrait toutefois légèrement baisser dans le temps ; passant de 60% à 54% du total des dépenses entre l'année 4 et l'année 20. Les frais de personnel locaux et les frais de maintenance devraient être les deuxième et troisième plus gros postes de coûts.



ZOOM : Ventilation des COS annuel (année 0-20 ; en m€)

Un examen détaillé des COS fait ressortir que le poste le plus important concerne de loin les coûts liés à la consommation énergétique du réseau. Ceux-ci représentent en régime nominal plus de la moitié des COS.

Il convient d'indiquer que compte tenu du contexte actuel et de la pression à la hausse sur les coûts de l'énergie, si celle-ci devait perdurer dans le temps, cela aurait un impact significatif sur la capacité du projet à couvrir ses coûts dans le temps.

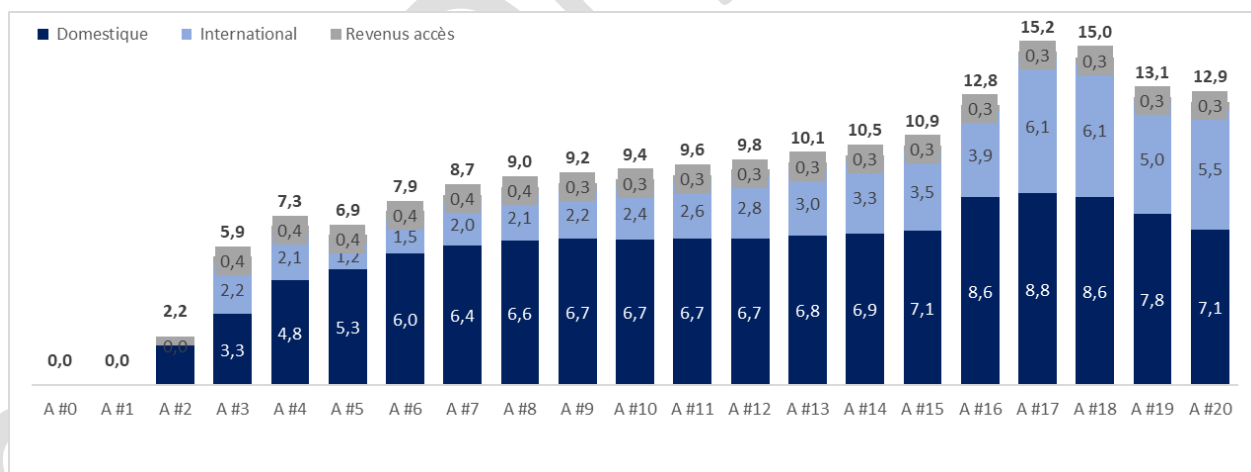
Sur une période de 20 ans et compte tenu d'un taux d'actualisation de 12%, la VAN des coûts d'exploitation du projet devrait se chiffrer à 27m€.

8.3 Évaluation des recettes commerciales

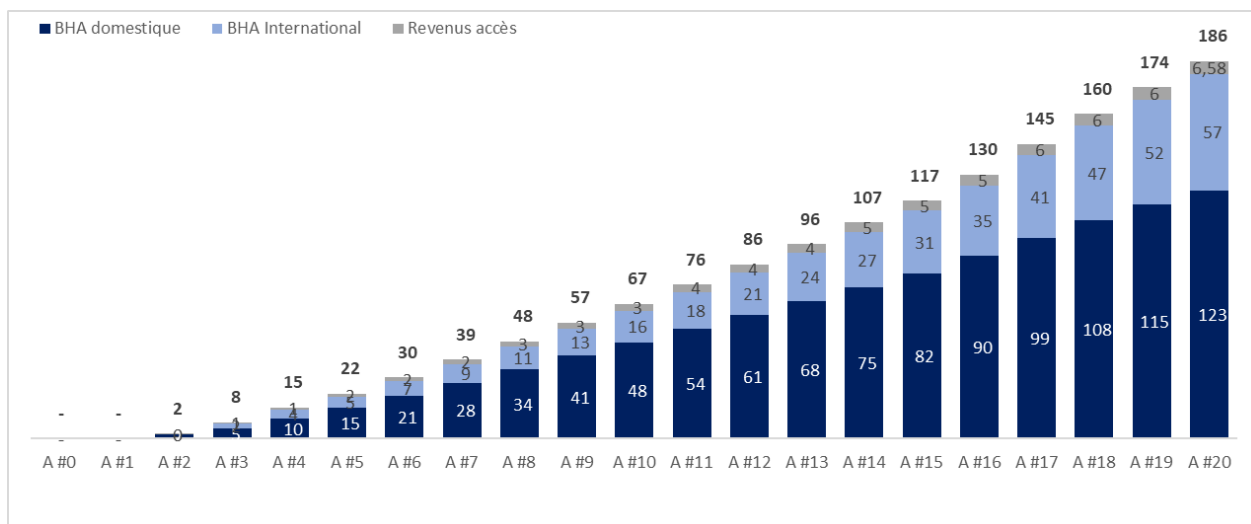
L'ensemble des hypothèses sous-jacentes à la modélisation des revenus ont été détaillés dans le rapport préliminaire et rappelés dans le paragraphe 7 du présent rapport.

Sur les 20 ans d'exploitation anticipés du projet, celui-ci devrait générer un volume total de recettes de l'ordre de 186 m€ cumulés.

Les revenus devraient continuer de croître tout au long de la période d'exploitation ; l'augmentation des usages et du trafic permettant de compenser dans une très large mesure l'érosion des prix anticipée. Partant d'un montant compris entre 6-7m€ de recettes générées en années 4 et 5, celui-ci devrait tendre vers 13m€ en année 20 après une baisse sensible de la croissance de ces revenus totaux.



Chronique annuelle des revenus ventilés par type de services (année 0-20 ; en m€)



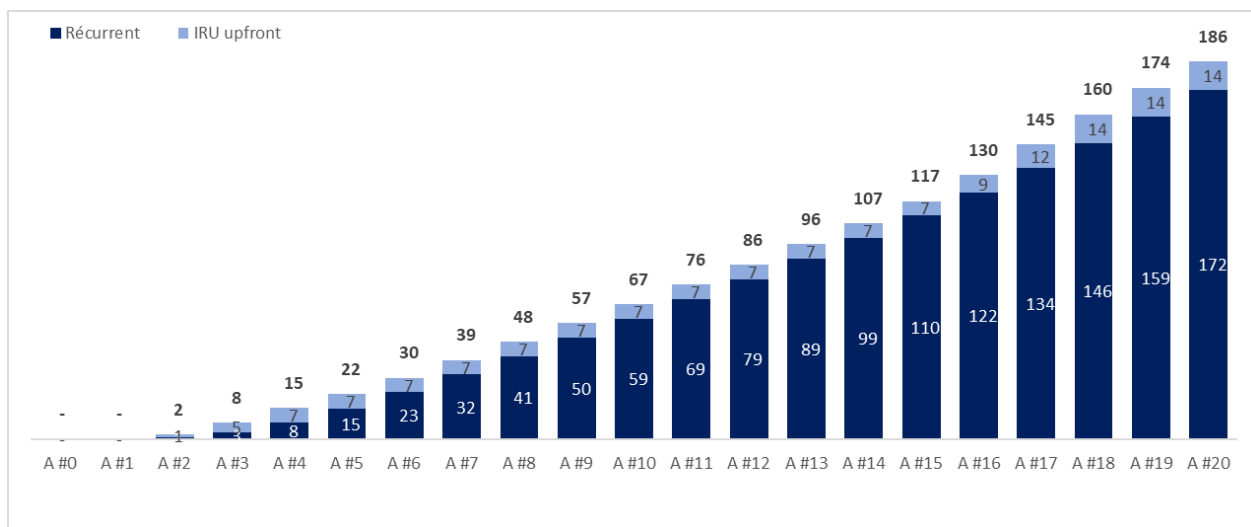
Chronique cumulée des revenus ventilés par type de services (année 0-20 ; en m€)

L'examen des revenus ventilés par type de services permet de dresser ces constats :

- Les services de capacité domestique devraient générer les deux tiers des revenus cumulés sur la période d'exploitation du projet avec un total de 123m€.
- Les revenus issus des services de capacité internationale devraient eux peser pour 30% du total ; soit 57m€ de revenus cumulés.
- Les services d'accès ne devraient contribuer dans le total des revenus que de manière marginale avec une part de près de 4% ; pour seulement 7m€ de revenus cumulés.



Chronique annuelle des revenus ventilés par type de services (année 0-20 ; en m€)



Chronique cumulée des revenus ventilés par type de services (année 0-20 ; en m€)

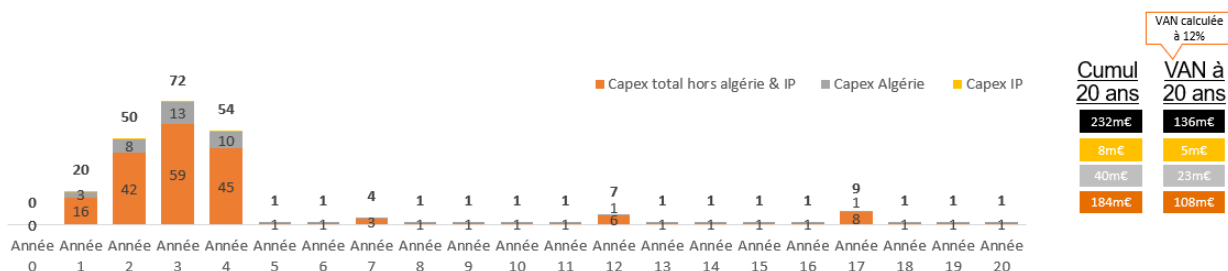
En complément, l'examen des revenus ventilés par nature entre revenus récurrents et revenus liés aux IRU (« up-front ») permet de voir que l'essentiel des revenus du projet est par nature récurrent. Ceux-ci devraient contribuer à hauteur de 93% du total des revenus perçus sur la période (172m€).

Cette vision des revenus permet de constater que le « départ » accéléré des revenus annuels en années 2, 3 et 4 est essentiellement lié au versement de paiement d'IRU par les clients. De même, la déformation des revenus en années 16, 17 et 18 est la résultante du renouvellement au bout de 15 ans des IRU souscrits par les clients. Quand on examine la progression des seuls revenus récurrents, on voit que ceux-ci s'inscrivent dans une trajectoire typique des projets d'infrastructure fibre où les revenus croissent régulièrement avant de se tasser et stabiliser en fin de période.

8.4 Analyse des différents scénarii envisagés

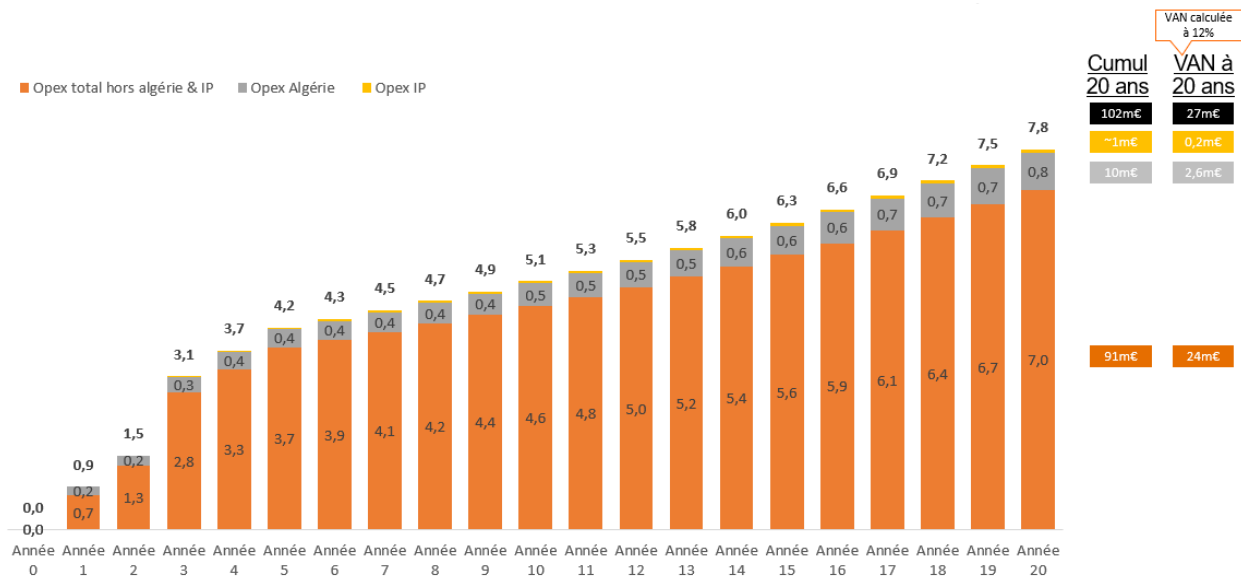
Pour rappel, la structuration du projet en scénarii possibles reposait sur deux options clés : 1) construction ou non de la liaison vers la frontière algérienne ; 2) commercialisation ou non de services IP en plus des services classiques de transport WDM.

Nous avons examiné de manière spécifique les montants d'investissements, des charges d'exploitation ainsi que les revenus spécifiques à l'adjonction de ces deux variables sur un scénario de base où le projet n'inclurait pas ces options.



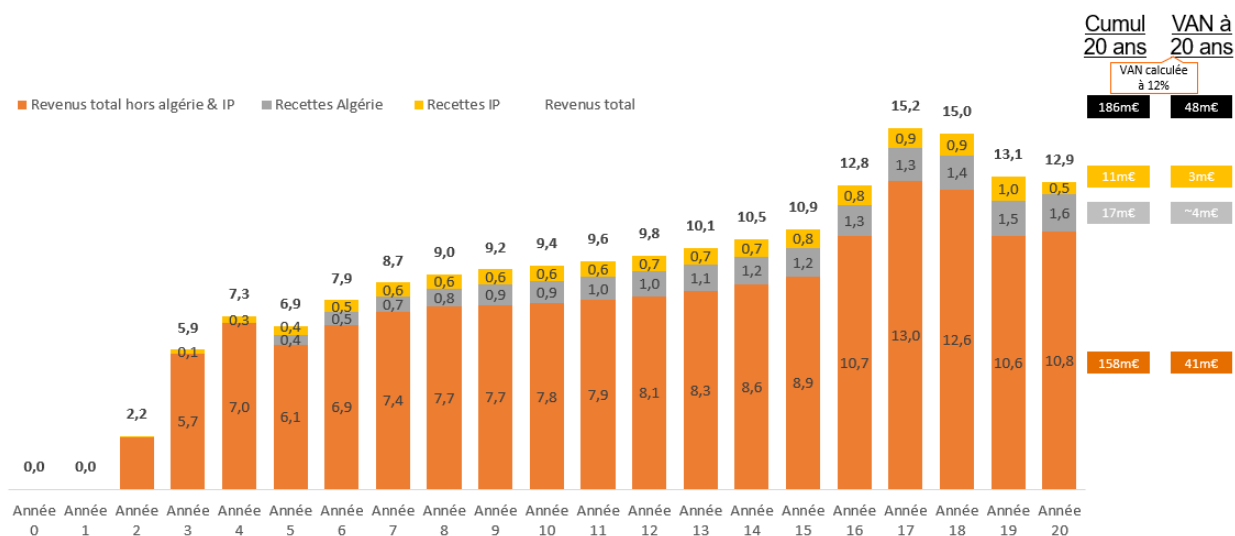
Chronique des CAPEX du projet ventilé par scénario (année 0-20 ; en m€)

La construction du réseau nominal hors liaison vers l'Algérie et hors proposition des services IP devrait concentrer la très grande majorité des CAPEX du projet : 184m€ soit 80% du total. La liaison vers la frontière algérienne 20m€ soit un peu moins de 20% du total des CAPEX du projet. De son côté, le choix d'ajouter des services de transit IP sur le réseau devrait générer un incrément de CAPEX négligeable.



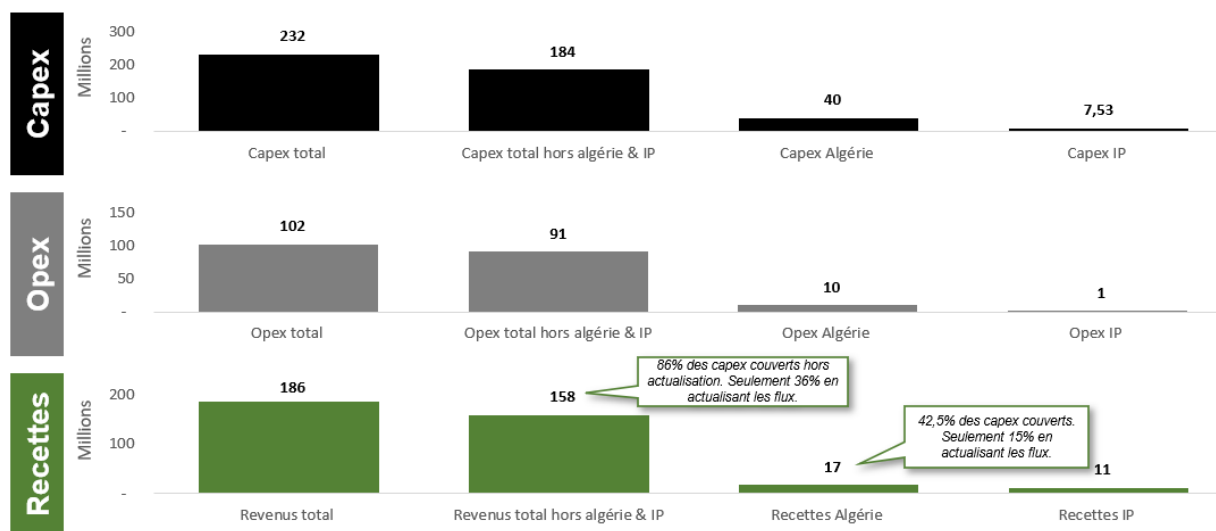
Chronique des OPEX du projet ventilé par scénario (année 0-20 ; en m€)

Concernant les OPEX, la majorité de ceux-ci devrait être générée par le projet de réseau nominal hors Algérie et transit IP. Ces options semblent entraîner relativement peu de coûts d'exploitation incrémentaux : seulement 10m€ cumulés pour l'Algérie et moins de 1me pour le transit IP.



Chronique des recettes du projet ventilé par scénario (année 0-20 ; en m€)

Enfin, sur le volet des recettes, on constate que le réseau nominal devrait être à l'origine de l'essentiel de celles-ci avec 158m€ (soit 85%). La construction de la liaison vers l'Algérie ne devrait générer que 17m€ de revenus incrémentaux cumulés sur la période (tout juste 10% du total). Les services IP devraient de leur côté permettre un incrément de 11m€ de revenus (soit 6% du total).



Synthèse des répercussions en CAPEX, OPEX et recettes des différentes options de réseaux possible (vision cumulée sur 20 ans, non actualisée, en m€)

L'examen des répercussions en CAPEX, OPEX et recettes des différentes options possibles fait pencher la balance en faveur de l'option IP, tandis que la liaison vers l'Algérie apparaît comme handicapante pour le projet au regard du ratio entre les CAPEX et les recettes.

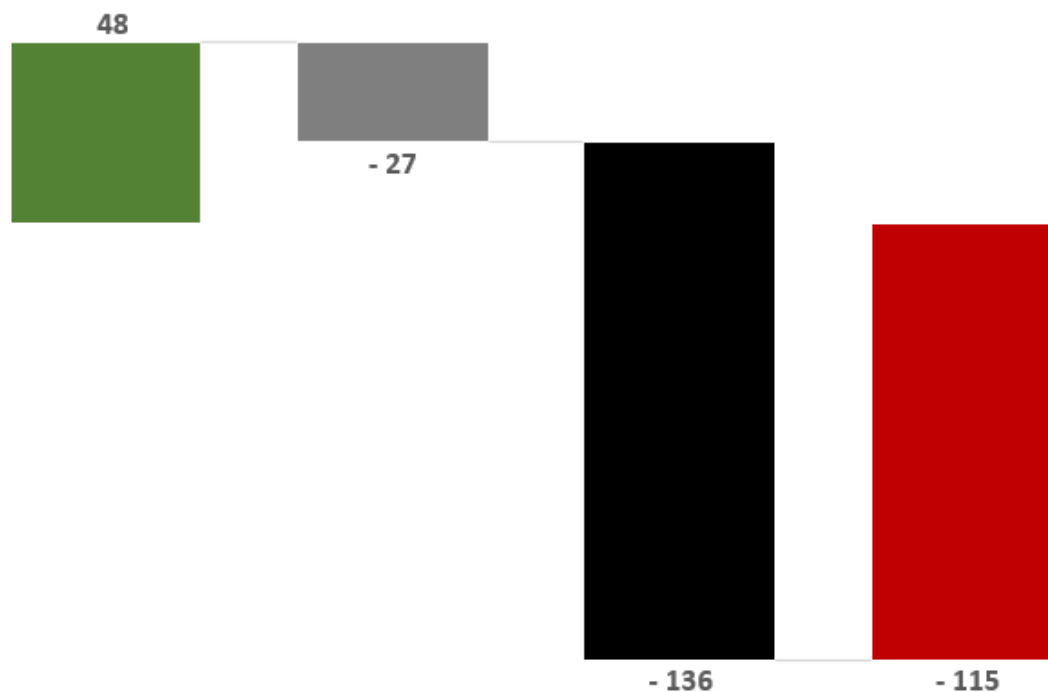
Globalement, on voit que les recettes permettraient théoriquement de couvrir 80% du montant des CAPEX. Si on s'intéresse à la partie nominale du projet hors IP et l'option vers l'Algérie, on voit que ce ratio monte à 86%. Toutefois en ce qui concerne la liaison vers l'Algérie, ce ratio diminue à seulement 42%. À l'inverse, l'option IP apparaît attractive dans la mesure où les revenus générés sont plus importants que les CAPEX.

Attention : Il convient de noter que les valeurs indiquées au-dessus sont les sommes des flux financiers non actualisés financièrement dans le temps. Les capex sont décaissés en début de projet, tandis que les revenus sont étalés dans le temps. Une actualisation financière dans le temps des flux de capex et de recettes résulterait dans un ratio de couverture des capex par les recettes bien plus faible qu'en première lecture. En effet, par rapport à une date de référence T, la valeur des flux financiers dépend de la proximité ou de l'éloignement de la date à laquelle ces flux interviennent en comparaison à la date de référence T. L'évaluation du besoin de financement du projet devra se faire sur la base d'une vision actualisée des flux financiers

8.5 Actualisation des flux cumulés et pistes d'amélioration envisageables

Lorsqu'on actualise sur 20 ans à un taux d'actualisation standard de 12% l'ensemble des flux financiers entrants et sortants générés par le projet on réalise plusieurs constats :

- L'exploitation du projet semble assurée dans la mesure où les revenus sur 20 ans permettent de couvrir l'ensemble des coûts d'exploitation ;
- Toutefois, les revenus d'exploitation sur 20 ans ne permettent pas de couvrir l'ensemble des investissements nécessaires pour le projet ;
- Le projet ne pourra pas s'autofinancer et un financement mixte public et privé apparaît comme nécessaire pour rendre le projet viable ;
- Selon les modèles de collaboration publique-privée, à définir dans la dernière phase de l'étude, l'investissement public et l'investissement privé pourront prendre différentes formes.



VAN revenus totaux

VAN opex totaux

VAN capex totaux

VAN cashflow

VAN à 20 ans des principaux flux entrants et sortants du projets (actualisation à 12%, en m€)

Toutefois, en complément aux deux options initialement identifiées, plusieurs pistes d'optimisation du projet apparaissent envisageables pour réduire le montant des investissements à consentir. Parmi ces pistes, trois apparaissent prometteuses et susceptibles de réduire de manière significative la VAN des cash flows du projet :

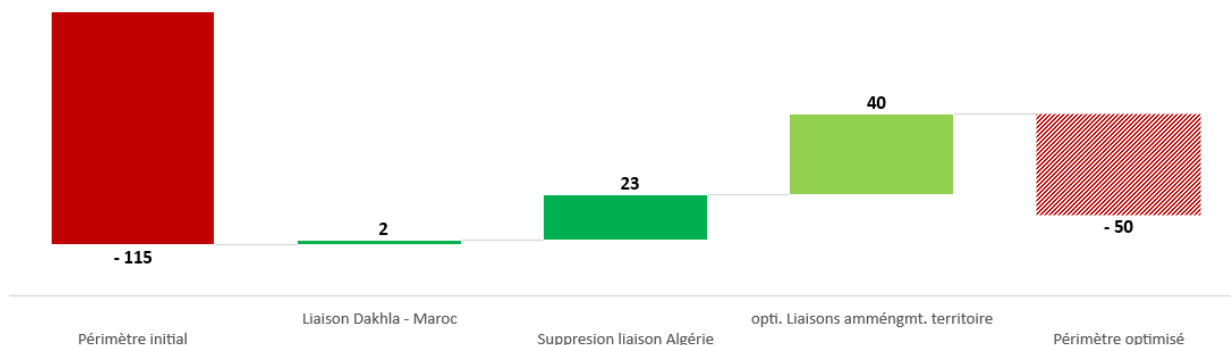
- La suppression de la liaison algérienne en tant que telle
- L'optimisation des liaisons dites « d'aménagement » du territoire (liaisons secondaires à faibles niveau de trafic)
- La mise en place d'une liaison Dakhla - Maroc qui se traduirait par la souscription de paires de fibres noires additionnelles par des acteurs de type GAFAM sur la liaison Nouadhibou - Nouakchott - Rosso

Deux leviers d'optimisation complémentaires pourraient être envisagés : une exonération des droits de douane sur l'importation des équipements télécoms et l'extension de 5 ans de la durée du projet (25 ans au lieu de 20 ans).

La mise en œuvre de ces optimisations permettrait d'augmenter substantiellement la valeur actualisée des cashflows à 20 ans du projet et donc potentiellement de réduire drastiquement les besoins de financement du projet.

La 1ère piste d'optimisation permettrait d'accroître de 23m€ la VAN des cashflows, la seconde de près de 40m€ et enfin la dernière de 2m€. Au total, la VAN des cashflows à 20 ans

du projet passerait d'une valeur négative de -115m€ à une valeur toujours négative mais substantiellement réduite de -50m€.



VAN à 20 ans des principaux flux de cash flows liés aux pistes d'optimisation envisageables (en m€, actualisation à 12%)

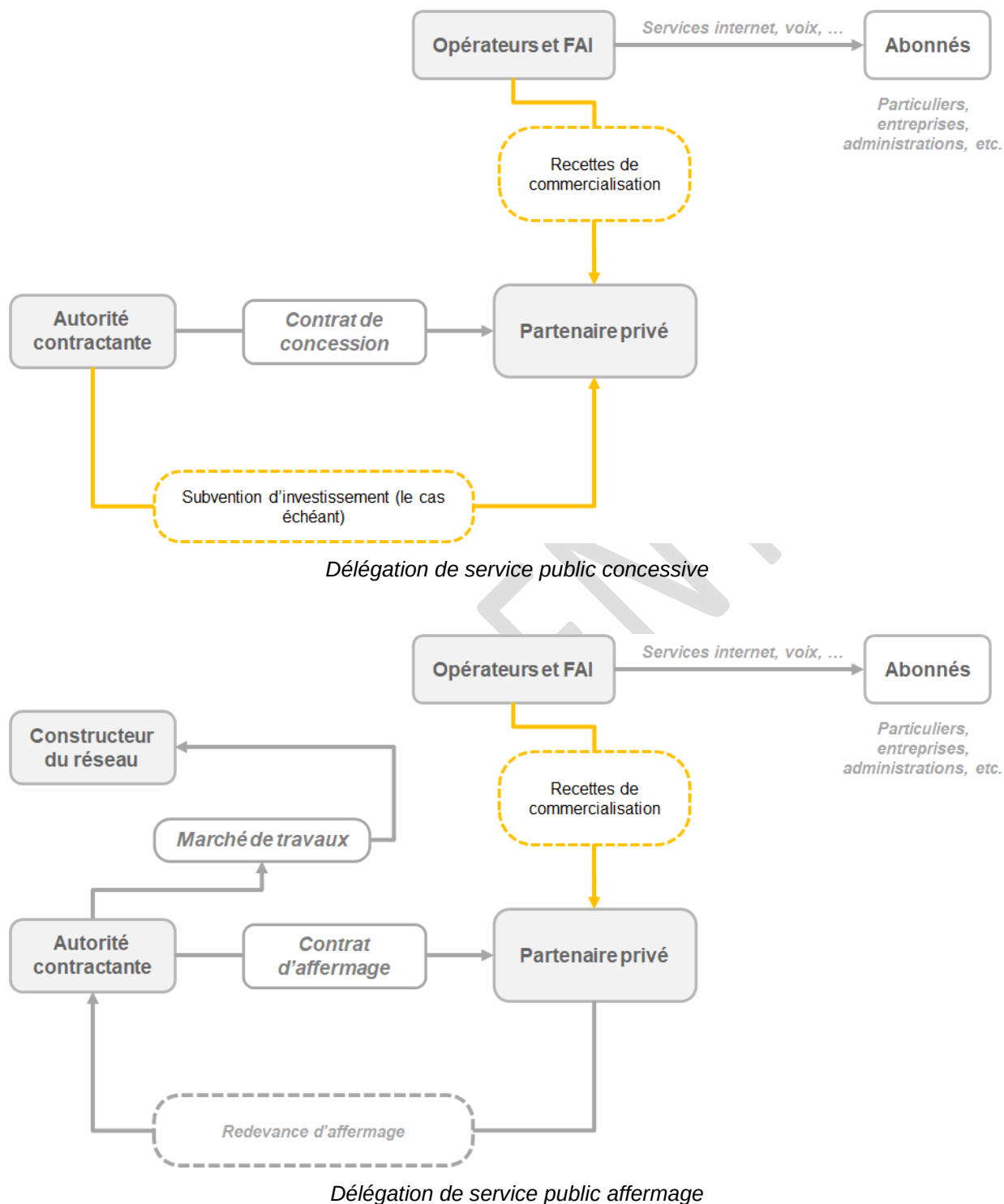
9. ASPECTS JURIDIQUES

Au vu de les éléments de nature économique présentés en partie 8, il apparaît nécessaire d'envisager un montage public-privé prenant en compte le besoin d'un financement public d'une partie du projet.

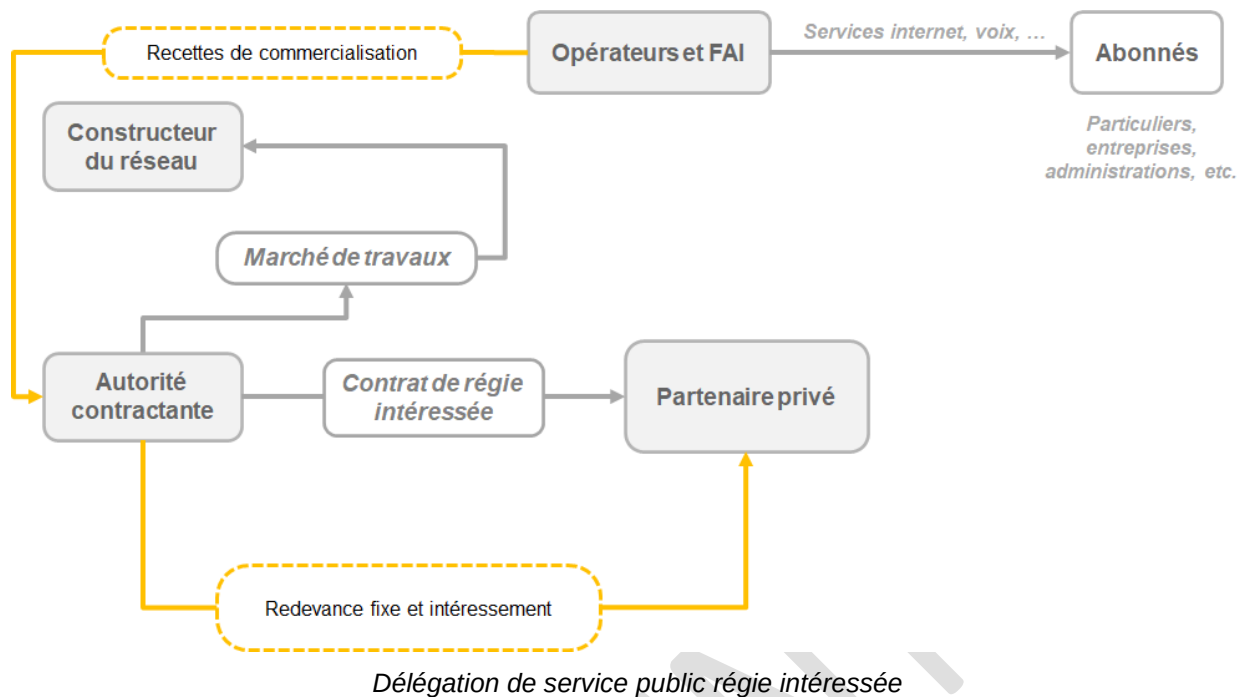
La loi n°2021-006 modifiant et complétant certaines dispositions relatives aux partenariat public-privé (ci-après « PPP ») en Mauritanie définit les différents types de PPP pouvant être envisagés en Mauritanie, et fait la distinction entre deux grandes familles de partenariat public-privé :

- D'une part, le PPP à paiement public, pour lequel une mission globale est confiée par l'autorité contractante à un partenaire privé. Cette mission globale peut recouvrir à la fois le financement, la conception, la construction d'ouvrages, leur maintenance et exploitation sur toute la durée du contrat. L'autorité contractante contribue au paiement du service au travers de loyers.
- D'autre part, le PPP concessif, où une mission de service public est transférée par l'autorité contractante à un partenaire privé, on parle bien souvent de délégation de service public. La rémunération du partenaire privé (ou délégataire) est constituée des recettes apportées par les usagers du service public. Ces recettes concourent donc directement aux résultats de l'exploitation du service. La loi PPP distingue trois types de PPP de type concessif : la Délégation de Service Public de type concessif, affermage et régie intéressée. La mission confiée au partenaire privé dépend du type de PPP concessif.

Au vu de l'importance escomptée des recettes obtenues auprès des usagers (en l'occurrence les opérateurs de télécommunications et FAI), le recours à un PPP concessif semble particulièrement adapté. Les schémas ci-après éclairent les montages qui peuvent être envisagés en fonction des types de PPP concessif.



On notera que dans le cas du projet WARCIP, le contrat mis en œuvre est un contrat d'affermage, puisque les autorités publiques mauritaniennes ont fait construire le réseau dans le cadre d'un marché de travaux, et l'ont mis en exploitation technique et commerciale au travers de l'IMT.



Le tableau suivant compare les différents montages qu'il est possible d'envisager pour le projet.

	DSP concessive	DSP affermage	DSP régie intéressée
Mécanismes financiers	Investissements financés par le partenaire privé qui peut bénéficier d'une subvention d'investissement	Investissements financés par l'autorité contractante, avec le versement d'une redevance d'affermage qui permet de réduire dans la durée le coût du projet pour l'autorité contractante	Investissements financés par l'autorité contractante, et paiement d'une redevance fixe et intéressement au partenaire privé, mais perception des recettes de commercialisation qui permettent de réduire dans la durée le coût du projet pour l'autorité contractante
Répartition des risques	Transfert de l'ensemble des risques techniques au partenaire privé	En phase de construction, les risques sont portés par l'autorité contractante, puis en phase d'exploitation-commercialisation par le partenaire privé. Un risque	Les risques du partenaire privé sont limités à l'exploitation technique avec des engagements de performance, et une partie de sa rémunération dépend

		d'interface existe pour le passage en exploitation, si bien qu'il est recommandé d'associer autant que possible en amont l'exploitant aux phases de recettes.	de la performance commerciale.
Risque de conception	Partenaire privé	Autorité contractante	Autorité contractante
Risque de construction	Partenaire privé	Autorité contractante	Autorité contractante
Risque d'exploitation	Partenaire privé	Partenaire privé	Partenaire privé
Risque commercial	Partenaire privé	Partenaire privé	Majoritairement autorité contractante
Durée du contrat	Longue : en fonction de la durée d'amortissement de l'ouvrage. 20 à 25 ans pour de tels projets	Moyenne : 10 à 15 ans pour de tels projets	Courte : 5 à 8 ans pour de tels projets
Propriété du réseau	Autorité contractante pour les biens de retour (nécessaires au fonctionnement du réseau). Négociable pour biens de reprise. Partenaire privé pour biens propres	Idem	Idem

10. CONCLUSION DU RAPPORT INTERMEDIAIRE

Ce rapport intermédiaire a permis de résumer l'ensemble du travail réalisé par l'équipe projet depuis le mois de Février : visites en Mauritanie, mesures terrain, conduite des études de sureté, d'ingénierie, d'impact social et environnemental, finalisation d'une carte de réseau adressant toutes les contraintes/objectifs, identification d'options et de pistes d'amélioration de la balance économique.

Les caractéristiques majeures du réseau envisagé sont reproduites ci-dessous :

- Réseau de 6943 km
 - o 38% seront loués aux opérateurs d'infrastructure existants (WARCIP, MAURITEL, SNIM et SOMELEC)
 - o 4 Tbps par fibre optique partout sur le réseau

- 36 paires de fibres optiques pour les sections construites (4330 km)
- 39% de la construction sera fait en déploiement aérien (vs. 61% en fibre enterrée)
- Option 1 - la pertinence économique de la liaison Zouerate – frontière avec l'Algérie est questionnée (822 km)
- Option 2 – l'ajout d'une couche IP à la couche de transport semble très profitable
- Coûts estimés avec un degré de précision raisonnable
 - CAPEX de 232 millions d'euros sur 20 ans (85% les 4 premières années)
 - OPEX de 102 millions d'euros sur 20 ans
 - Recettes de 186 millions d'euros sur 20 ans
- Calendrier de construction de 4 ans
 - Création d'une société de projet locale
 - Entreprises ayant un niveau d'expérience et de compétences reconnus internationalement, y compris sur le continent africain
 - Gestion de projet (puis exploitation du réseau) assurée par Orange
 - Post-construction - Mise en place d'un système de supervision 24h/7
 - Post-construction - Maintenance du réseau confiée à des entreprises locales
- Pistes d'amélioration à revoir

La prochaine étape majeure de cette pré-étude consistera à produire le dernier livrable fixant :

- Le cadrage de la procédure pour la réalisation du projet
- Le choix du scénario final (ex. options)
- La rédaction des termes de références

ANNEXE 1 – TABLEAU DE CORRESPONDANCE RAPPORTS PRELIMINAIRE / INTERMEDIAIRE

Tableau de correspondance Sections rapport préliminaire / rapport intermédiaire

Rapport Préliminaire				Rapport Intermédiaire en regard du rapport préliminaire			Rapport Intermédiaire			
Parcours Rapport intermédiaire	Nominal p. 38/39	Extens. page 43	Long. Kms	à louer / à construire	longeur km	écart	Parcours du tronçon	à louer / à construire	Type GC	longeur km
KIFFA - AIOUN EL ATROUSS	A		213	10 à construire	223 545	11	1 Nouakchott-Chami	à construire	enterré	241 554
NOUAKCHOTT - ROSSO	B		204	3 à construire	202 822	-1	2 Chami-Nouadhibou	à construire	enterré	236 092
NOUAKCHOTT - ALEG	C		257	4 à construire	259 219	2	3 Nouakchott-Rosso	à construire	enterré	202 822
ALEG - BOGHE	D		66,5	5 SOMELEC		-67	4 Nouakchott-Aleg	à construire	enterré	259 219
ATAR - TEWDEST	E		287	7 à construire	405 616	119	5 Aleg-Boghe	SOMELEC	NA	
TEWDEST - TIDJIKJA	E						6 Choum-Zouerate	Location SNIM	NA	
TIDJIKJA - BOUMDEID	F		120	9 à construire	175 000	165	7 Atar-Tijikja	à construire	aérien	405 616
BOUMDEID - KIFFA	F			8 à construire	110 287		8 Kiffa-Boumdeid	à construire	enterré	110 287
CHOUM - ZOUEATE	G		170	6 Location SNIM		-170	9 Boumdeid-Tidjikja	à construire	aérien	175 000
NOUADHIBOU - CHAMI	H		480	1 à construire	241 554	-2	10 Kiffa-Aiounelatrouss	à construire	aérien	223 545
NOUAKCHOTT - CHAMI	H		0	2 à construire	236 092		11 Tiguent-Mederdra-Rkiz	à construire	enterré	107 968
TIGUENT - R'KIZ		1	100	11 à construire	107 968	8	12 Tikija-Moudjeria-Sangrave	à construire	aérien	212 182
TIDJIKJA - MOUDJERIA		3	200	12 à construire	212 182	12	13 Aioun-Kobenni-Gogui	à construire	aérien	124 045
MOUDJERIA - SANGRAVE		3	0				14 Aouintat-Zbil-Djigueni	à construire	enterré	85 408
AIOUN - GOGUI		5	130	13 à construire	124 045	-6	15 Nema-Amourj-Adelbagrou	à construire	aérien	169 117
AOUINAT EL ZBIL - DJIGUENNI		6	90	14 à construire	85 408	-5	16 Nema-Bassijnou-Fassala	à construire	aérien	262 962
NEMA - ADEL BAGROU		7	140	15 à construire	169 117	29	17 Asma - Benichab	à construire	enterré	117 995
NEMA - FASSALA		9	260	16 à construire	262 962	3	18 Benichab RN4	à construire	aérien	95 000
KAEDI - MAGHAMA		14,1	120	19 à construire	123 821	4	19 Kaedi - Maghama	à construire	enterré	123 821
SELIBABI - GOURAYE		14,3	50	20 à construire	55 272	5	20 Gouraye - Selibabi	à construire	enterré	55 272
M'BALAL - PORT NDIAGO		15,1 15,2	95	21 à construire	37 302	-10	21 M Balal - Keur Macene	à construire	enterré	37 302
				22 à construire	47 642		22 Keur Macene - Port Ndiago	à construire	enterré	47 642
ZOUEATE - FR ALGERIE		18	810	23 à construire	821 945	12	Zouerate BirMoghrein			
M'BOUT - FOUM LEGLEITA		19	25	24 à construire	26 244	1	23 AinBentili Frontière Alg.	à construire	enterré	821 945
LEXEIBA - CHEGAR		20 21,1	164	25 à construire	95 954	25	24 M Bout - Foun legleita	à construire	enterré	26 244
				26 à construire	26 282		25 CHEGAR - Male - Essawata	à construire	enterré	95 954
CHAMI - ASMA			0	27 à construire	67 000		26 Lexeiba - Monguel	à construire	enterré	26 282
NOUAKCHOTT ATAR CHOUM			0	17 à construire	117 995	213	27 Monguel - Essawata	à construire	enterrée	67 000
ROSSO - KIFFA			0	18 à construire	95 000		28 Nouakchott-Atar-Choum	Location WARCIP	NA	
AIOUN - NEMA			0	28 Location WARCIP			29 Rosso-Kiffa	Location WARCIP	NA	
Aleg-Chegar-Sangrave				29 Location WARCIP			30 Aioun-Nema	Location WARCIP	NA	
Nouadhibou-Choum				30 Location WARCIP			31 Aleg-Chegar-Sangrave	Location Mauritel	NA	
				31 Location Mauritel			32 Nouadhibou-Choum	Location SNIM	NA	
				32 Location SNIM			25 sections à construire - 7 en location			4 330 274
3 en location	8	15	3981,5		4 330 274	349				

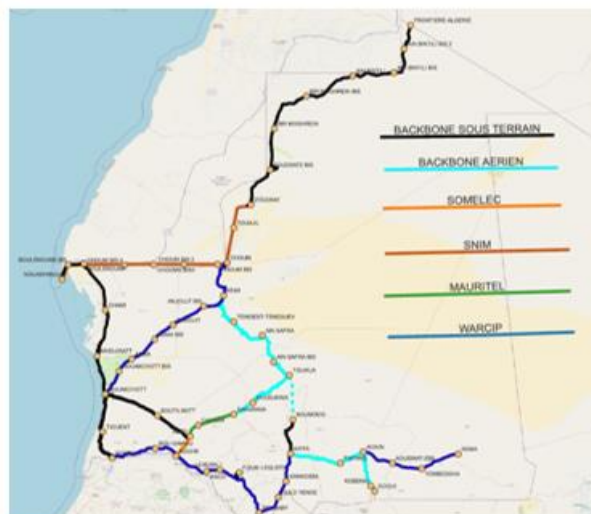
nouvelle section	dont
section sur WARCIP	2 Sections non construites > louées -237
Location (WARCIP et autres)	Section ajoutée en construction 213
sectors sans relevé terrain	

ANNEXE 2 – PISTES D'OPTIMISATION

PISTES D'OPTIMISATION | Focus sur les optimisations possibles pour les liaisons aménagement du territoire

N°	Parcours du tronçon	Sections à louer / à construire	Type de GC	Kilomètres	Commentaires
13	Tiguert-Mederdra-Rikiz	à construire	enterré	107	
14	Aouinat-Zbil-Digueri	à construire	enterré	968	RAS - Extension aménagement du territoire - Zone ROUGE
15	Nema-Amourj-Adelbagrou	à construire	aérien	85	Extension aménagement du territoire - Zone frontalière avec peu de probabilité de raccordement de l'autre côté de la frontière - Zone ROUGE
16	Nema-Sasoljnou-Passala	à construire	aérien	117	Extension aménagement du territoire - Zone frontalière MALI - Zone ROUGE
17	Asma - Benichab	à construire	enterré	262	Boucle de sécurisation de NOUAKCHOTT, mais revenue non prioritaire suite à la location de FO Noire sur le parcours SNIM
18	Benichab-INA	à construire	aérien	962	
19	Kaedi - Maghama	à construire	enterré	117	
20	Gouraye - Sellibabi	à construire	enterré	895	Extension aménagement du territoire
21	M Babal - Keur Macene	à construire	enterré	821	Extension aménagement du territoire - Frontière SENEGAL
22	Keur Macene - Port Ndiago	à construire	enterré	55	Extension aménagement du territoire - Frontière SENEGAL Saint Louis
23	CHGAR - Male - Essawata	à construire	enterré	272	
24	Lexelba - Monguel	à construire	enterré	37	
25	Monguel - Touawata	à construire	enterré	302	
26				47	
27				642	
28				95	
29				954	
30				26	
31				282	
32				67	
33				128	Extension aménagement du territoire

TOTAL		1 291 723
-------	--	-----------



ANNEXE 3 – CARTE DE SURETE DE L'AMBASSADE DE FRANCE

