

COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

Sommaire

1. INTRODUCTION ET DONNÉES DE BASE

- 1.1. SITUATION
- 1.2. HISTORIQUE
- 1.3. VEGETATION
- 1.4. GEOLOGIE
- 1.5. HYDROLOGIE
- 1.6. SITUATION JURIDIQUE
- 1.7. ANALYSE PREVISIONNELLE DE LA DEMANDE EN ELECTRICITE

2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

- 2.1. DEBIT DE RESTITUTION
- 2.2. PASSE A POISSON
- 2.3. PROTECTION DE LA NATURE ET DU PAYSAGE
- 2.4. BRUIT ET VIBRATION

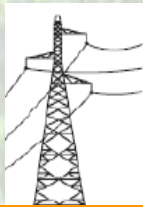
3. PRESENTATION DES SOLUTIONS TECHNIQUES

- 3.1. PREAMBULE
- 3.2. HYPOTHÈSES DE BASE
- 3.3. DÉNIVELLATION MOYENNE
- 3.4. CHOIX DU DEBIT D'INSTALLATION ET DU DIAMETRE DE LA CONDUITE
- 3.5. ENERGIE MASSIQUE DISPONIBLE
- 3.6. CHOIX DU TYPE DE MACHINE

4. VARIANTE CONSIDÉRÉE POUR LA SUITE DE L'ÉTUDE

5. SPECIFICATIONS TECHNIQUES PRELIMINAIRES DES PRINCIPAUX COMPOSANTS

- 5.1. GENIE CIVIL
 - 5.1.1. Seuil et passe à poissons
 - 5.1.2. Prise d'eau et ouvrage de raccordement
 - 5.1.3. Conduite
 - 5.1.3.1. *Diamètre*
 - 5.1.3.2. *Tracé de la conduite et longueur*
 - 5.1.3.3. *Caractéristiques mécaniques*
 - 5.1.3.4. *Divers*
 - 5.1.4. Centrale et ouvrage de restitution
- 5.2. MATERIEL HYDROMECHANIQUE
 - 5.2.1. Dégrilleur
 - 5.2.2. Vidange de fond
 - 5.2.3. Vannes de garde
 - 5.2.4. Turbine
- 5.3. EQUIPEMENTS ELECTRIQUES
 - 5.3.1. Génératrice
 - 5.3.2. Transformateur
 - 5.3.3. Moyens de levage
 - 5.3.4. Contrôle commande
 - 5.3.5. Dispositif de sécurité
- 5.4. RACCORDEMENT AU RESEAU



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

6. ANALYSES TECHNICO-ECONOMIQUES

6.1. HYPOTHESES

6.2. PRIX DE VENTE DE L'ENERGIE

6.3. ETUDE DE LA VARIANTE DE 6.0m³/s

6.3.1. Estimation de la production annuelle

6.3.2. Estimation des frais d'exploitation annuels

6.3.2.1. Droits de passage

6.3.2.2. Entretien

6.3.3. Investissement

6.3.3.1. Matériel électromécanique

6.3.3.2. Génie civil

6.3.4. Total des investissements

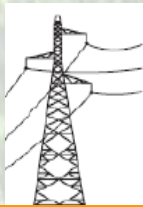
6.3.5. Analyse économique du débit 6.0 m³/s

6.3.6. Analyse de sensibilité

6.4. CONCLUSION GENERALE

7. TABLEAU: ETUDE ECONOMIQUE PREVISIONNELLE

8. ANNEXES: PLANCHES



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

1. INTRODUCTION ET DONNÉES DE BASE

Le projet a pour but d'étudier la faisabilité de la réalisation d'une petite centrale Hydroélectrique basse chute sur ITSIBOU, qui pourrait exploiter une dénivellation d'environ 10 m pour une puissance maximale de 5000 kW.

1.1. SITUATION

Le site considéré est situé dans le périmètre de la Commune de Mossendjo du département du Niari au sud-ouest de la République du Congo a 280km de la ville économique de Pointe-Noire.

Les coordonnées géographiques sont $12^{\circ}40'48''/2^{\circ}5'58''$ /402m

1.2. HISTORIQUE

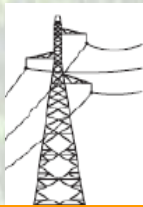
La recherche et l'identification du site a débuté en 2010 avec la refonte du cadre législatif et règlementaire du secteur d'électricité et la nouvelle politique gouvernementale de la décentralisation.

1.3. VEGETATION



La végétation est dominée par une forêt secondaire et une savane.

L'aménagement du site nécessitera une déforestation sur une surface de près de trois à quatre hectares pour l'implantation de l'ensemble de l'ouvrage, ce qui sera compensé par notre programme de reboisement du site et ses environs.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

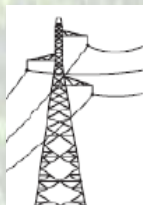
1.4. GEOLOGIE

Le futur site de la petite centrale hydroélectrique se repose sur un massif granitique dans sa totalité, allant du granite à biotite de couleur sombre, des pegmatites roses et des granites à orthose de couleur rose comme le montre l'image ci-dessous:



1.5. HYDROLOGIE

La rivière ITSIBOU étant un affluent de la LOUESSE, les données hydrologiques interannuelles de cette rivière sont déterminées par corrélation aux données interannuelles de la LOUESSE obtenues à la station hydrologique de Biyamba dont la valeur de la superficie du bassin versant est égale à 1956 Km². Elles se présentent de la manière suivante:



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

Etiage minimal :	hauteur: 0,21 m	débit: 4,22 m ³ /s
Crue maximale :	hauteur: 2,92 m	débit: 193 m ³ /s
Module moyen annuel :	57,7m ³ /s	
Débit spécifique moyen :	29,5 l/s.km ²	
Pluviométrie moyenne annuelle :	1904 mm	
Ecoulement moyen annuel :	929 mm	
Déficit d'écoulement moyen :	975 mm	
Coefficient d'écoulement moyen :	48,85%	
Nombre d'années pris en compte :	23	

REPARTITION ANNUELLE DES DEBITS A MOSSENDJO

DEBITS MOYENS JOURNALIERS (m ³ /s)												
Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
	89,2	104	97,6	98,1	66,2	40,0	28,2	23,8	38,7	76,7	75,4	67,9

DEBIT MAXIMAL OBSERVE

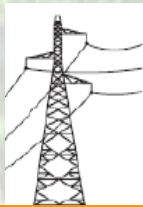
134 m³/s

DEBIT MOYEN ANNUEL

68,0 m³/s

1.6. SITUATION JURIDIQUE

En plus de l'accès au site autorisé par le Gouvernement, La COPEDM a acquis un domaine de 4 hectares en signant une convention de cession de terrain avec les propriétaires fonciers de cette zone, dûment validée par les autorités judiciaires de la commune.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP



La borne cadastrale du site d'implantation de la petite centrale hydro-électrique d'itsibou

1.7. ANALYSE PREVISIONNELLE DE LA DEMANDE EN ELECTRICITE

Le projet concerne la commune de Mossendjo et ses localités satellites.

La commune de Mossendjo et ses environs sont situés au sud-ouest de la République du Congo réputée par ses fortes potentialités minières, forestières et agricoles dans le département du Niari.

Elle se présente comme l'épicentre sous - régionale entouré de 07 districts dont deux communes de moyen exercice.

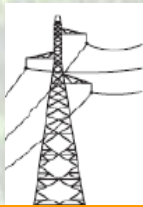
a) Mossendjo

Elle a une population d'environ 30.000 habitants avec deux arrondissements, une gare ferroviaire, un aéroport pour les avions de portée moyenne et la route nationale N3.

L'activité économique de la zone est essentiellement basée sur l'agriculture, l'exploitation du bois et l'activité minière avec la mine de fer (qui s'étend sur près de **52 km**), de l'or et celle du diamant de la société Sino-Congo, toutes situées à **18 km** de Mossendjo, mais non encore exploitées par défaut d'électricité.

b) La Commune de moyen exercice de Makabana

Située à 75km au sud de Mossendjo, elle est peuplée d'environ 10000 habitants. C'est l'ancien centre administratif et technique de la société COMILOG (exploitant Français du



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

Manganèse gabonais transitant par le port Congolais de Pointe - Noire), Makabana est reconnu pour ses terres très fertiles avec deux sociétés agricoles Brésilienne et Sud-Africaine, plus une fabrique des contres plaquées et une scierie de bois (FORALAC).

Cette ville moyenne offre la possibilité de construire une usine de fabrique de ciment avec son sous-sol dominé par le calcaire.

c) Moungoundou sud

Moungoundou - Sud est situé au nord à 35 km de Mossendjo, avec une population de 6000 habitants.

L'activité économique est agricole, forestière avec les sociétés d'exploitation du bois TAMAN ET SICOFOR plus la présence des projets miniers, tels que le projet Bauxite en phase de maturité mais non exploitée par défaut d'électricité.

d) Yaya

Ce District est situé à l'Est de la commune de Mossendjo juste à 25km en allant vers Komono, il est peuplé de 5000 habitants.

Son économie est agricole, forestière et minière avec la mine de fer en phase de maturité dont l'exploitation est bloquée par le manque d'électricité et la baisse des prix de matières premières sur le marché international.

e) Moutamba

Moutamba situé seulement à 25km au sud-ouest de Mossendjo et regroupe environ 8000 habitants entre Makabana et Mossendjo.

L'activité économique est agricole et forestière.

f) Mayoko

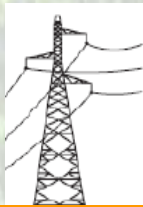
District peuplé de 6500 habitants, situé à 75 km au nord de Mossendjo.

L'activité économique est agricole avec les grandes fermes agricoles de Cacao et café de la société LACOVERT, à cote de l'exploitation du bois des sociétés TAMAN, SICOFORT ET ASIA – CONGO et surtout son activité minière avec les projets miniers en phase de maturité des sociétés EXXARO pour le fer, CONGO-MINING pour le fer, AFRICAN MINERALS COMPANY pour le coltan, TANTALEX pour le Coltan et CONGO TRADING pour l'or.

g) Mbinda

Commune de moyen exercice située à la frontière du Gabon à 100km au nord Est de Mossendjo, ancienne zone de chargement du manganèse de la société COMILOG, elle est peuplée de 9000 habitants.

L'activité économique est agricole, forestière et minière avec le permis d'EXXARO Mbinda Sud.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

h) Moungoundou-Nord

Localité peuplée de 6500 habitants, située au nord à 100km de Mossendjo.

L'activité économique est forestière avec la société ASIA CONGO, agricole et minière avec les mines d'EXXARO et CONGO-MINING pour le fer, la mine du Coltan pour AFRICAN MINERALS COMPANY et de l'or pour la SRM(société pour la recherche minière).

La construction du micro barrage entrainera impérativement le développement de l'industrie agro-alimentaire, du commerce, de l'artisanat, du tourisme mais surtout le boom minier avec la mise en fonctionnement de tous ces projets en phase de maturité en arrêt par défaut d'énergie.

Deux possibilités s'offrent à la commune de Mossendjo et ses environs:

- La construction de la centrale électrique sur la rivière LOUESSE pour desservir non seulement les localités citées mais tout le département avec ses 14 districts.
- L'aménagement de la petite centrale hydroélectrique d'ITSIBOU.

Le potentiel hydroélectrique disponible aux chutes (gradient hydraulique) du site d'aménagement sur la rivière Itsibou est de **5000 kwatts**.

Pour garantir cette puissance, il est souhaitable d'envisager la construction d'une digue de rétention d'eau avec une hauteur de près de 10m.

2. ASPECTS ENVIRONNEMENTAUX

2.1. DEBIT DE RESTITUTION

Ce débit doit être suffisant pour garantir en tout temps la profondeur nécessaire à la libre migration des poissons.

Il est proposé d'adopter un débit de restitution de 680 l/s, permettant de respecter en tout temps cette exigence.

2.2. PASSE A POISSON

La solution proposée pour la passe à poissons est une rampe rugueuse, ce qui constitue actuellement la meilleure solution d'un point de vue environnemental.

Sa pente est d'environ 10%, sa hauteur correspond à celle du seuil, soit environ 3 m, et sa largeur est de 12 m.

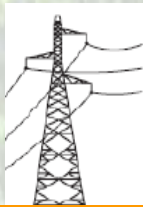
Elle est constituée par un ensemble de blocs de granite de tailles diverses reconstituant un tronçon de rivière comprenant un lit mineur pour les faibles débits, ainsi qu'un lit majeur pour les périodes de crues, le lit mineur devant permettre en tout temps la migration des espèces endémiques. La totalité du débit de restitution passera par le lit mineur.

2.3. PROTECTION DE LA NATURE ET DU PAYSAGE

L'aménagement aura un impact visuel faible sur le paysage, le seuil et la prise d'eau, conservant leur aspect actuel.

Le seuil sera déversant, ce qui le rendra invisible en période de hautes eaux.

La partie la plus visible de la prise d'eau sera le dégrilleur qui a pour but d'empêcher les débris flottants, tels que sacs et bouteilles en plastique, feuilles mortes, etc., d'arriver dans les turbines.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

Cette installation collectera ces déchets, qui seront évacués pour être brûlés dans une unité d'incinération ou compostés.

Cet ouvrage permettra, par conséquent, de limiter le transport de détritiques solides en aval du seuil.

Aucun impact visuel ne sera dû à la conduite puisqu'elle est enterrée sur toute la longueur.

La centrale, telle qu'envisagée, sera partiellement enterrée et se situera à proximité immédiate de plusieurs constructions en béton.

Son intégration dans le paysage en sera facilitée, ceci d'autant plus qu'elle pourra être partiellement recouverte de terre arable.

A noter que le palier inférieur de la turbine sera lubrifié à l'eau afin d'éviter tout risque de pollution dû à l'huile ou à la graisse et que les vérins de commande seront électriques. Le transformateur prévu étant à remplissage intégral, un bac de rétention autour de celui-ci est prévu afin d'éviter tout risque de pollution de la rivière ITSIBOU.

2.4. BRUIT ET VIBRATION

Pour autant que les machines installées aient été développées en laboratoire, leur fonctionnement hydrodynamique sera optimal.

Ceci garantit un niveau de vibration et de bruit particulièrement faible.

L'enterrement partiel de la centrale contribuera par ailleurs à l'isolation phonique.

3. PRESENTATION DES SOLUTIONS TECHNIQUES

3.1. PREAMBULE

La solution technique de base étudiée dans le cadre de ce projet consiste à poser une nouvelle conduite entre la prise d'eau et la centrale hydro-électrique.

Le choix de son diamètre est déterminé par un optimum technico-économique prenant en compte la production annuelle et les coûts de génie civil inhérents à la pose.

La configuration du site rendant cette pose onéreuse, la solution de base aura pour but la maximisation de la production. Une variante avec un débit plus faible a également été étudiée.

La solution consistant à utiliser la conduite d'assainissement a été abandonnée d'entente avec le maître d'ouvrage et ne sera pas présentée dans ce rapport, bien que l'étude ait pratiquement été réalisée dans son ensemble tant du point de vue de l'hydraulique que du génie civil.

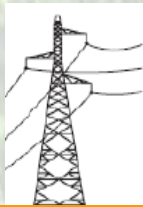
Contrairement aux indications initialement fournies par la COPEDM, le diamètre de la partie terminale de la conduite pourrait être augmenté pour laisser passer les débits de crues et éviter le déversement d'eau usée dans la rivière.

Son utilisation par l'aménagement hydro-électrique nécessiterait ainsi la pose d'une conduite en parallèle de dimension importante (de 400 mm, le diamètre aurait dû passer à 900 mm), ce qui réduit considérablement les possibilités d'économie au niveau de l'investissement.

L'emploi d'une conduite agrandie garantit, une sécurité supplémentaire tant du point de vue de la durée de vie que des coefficients de pertes de charge.

3.2. HYPOTHÈSES DE BASE

Les hypothèses faites correspondent à des choix réalistes, que cela soit en matière de rugosité, de longueur des conduites, de dénivellation, de rendement de machine, etc.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

Les rendements des turbines utilisées correspondent à des machines testées en laboratoire offrant donc des garanties fiables.

Les constantes et principales grandeurs utilisées dans cette étude sont données ci-dessous:

Altitude moyenne de la centrale : 630 m

Constante de gravitation g : 9.806 m s⁻²

Température moyenne de l'eau : 10 °C

Masse volumique de l'eau ρ à 10° C: 999.7 kg m³

Viscosité de l'eau ν à 10°C: $1.31 \cdot 10^{-6}$ m² s⁻¹

3.3. DÉNIVELLATION MOYENNE

Le seuil et la prise d'eau seront placés au niveau du relief présentant une vallée en V.

Ces emplacements sont indiqués sur le plan en annexe.

La dénivellation mesurée le 31 août 2011 entre le plan d'eau à l'amont du seuil et

Celui au droit de l'emplacement de la future centrale est de 10.5 m.

Le débit à cette date était de **7,67 m³/s**, valeur proche de l'étiage. Il est donc légitime de penser que le niveau du plan d'eau aval à cette date correspond au niveau minimum.

La restitution de l'eau lors du fonctionnement à débit maximum entraînera une élévation du plan d'eau aval qui est estimée à environ 60 cm et qui sera supposée constante.

La dénivellation ΔZ considérée dans cette étude est donc de **10.1 m**. Il est à relever que cette dénivellation correspond à une dénivellation moyenne.

En période de hautes eaux, cette dénivellation pourra varier légèrement.

Cependant la largeur de la rivière au droit du seuil et celle au droit de la future centrale sont voisines, par conséquent l'augmentation de la hauteur d'eau à l'aval sera entièrement compensée par l'élévation du plan d'eau à l'amont.

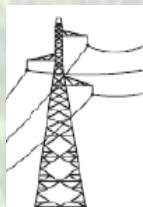
3.4. CHOIX DU DEBIT D'INSTALLATION ET DU DIAMETRE DE LA CONDUITE

Le débit maximal d'installation est déterminé par des critères d'optimisation de la production, tenant compte des impératifs techniques et environnementaux.

Une étude systématique de production pour différents débits et diamètres de conduite a été réalisée en tenant compte des contraintes suivantes :

- Perte de charge dans la conduite d'au maximum 10%.
- Utilisation de diamètres de conduite normalisés.
- Durée du déversement au seuil, selon la prise de position du Ministère de l'Hydraulique et de la pêche du 10 avril 2011, d'au moins 90 jours par an.
- Débit minimal de l'installation (déterminé purement par des critères techniques). Pour une turbine Kaplan, ce débit est d'environ 25% du débit maximal.
Pour deux machines, ce débit est, par conséquent, de 12.5% du débit maximal.
- L'espace à disposition pour poser une nouvelle conduite en parallèle à l'existante étant restreint, le diamètre maximal de la conduite a été limité à 1800 mm.

Considérant les faibles pressions en jeu (de l'ordre de 2 bars) et la nécessité d'une perte de charge faible, le type de conduite choisi est en fibre de verre / résine époxy. Les diamètres étant



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

importants, ces conduites sont meilleur marché que des conduites en métal ou en béton de diamètre équivalent et elles peuvent être plus aisément mises en place et assemblées que ces dernières.

La longueur de la conduite entre la prise d'eau et la centrale, estimée à partir du plan au 1/1'000 est de 470 m.

La perte de charge dans la conduite a, dans chaque cas, été calculée par la formule de Colebrook en considérant une rugosité k de 0.01 mm.

L'étude de la production annuelle est donnée dans le Tableau 1 ci-dessous :

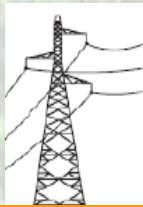
D conduite [m]	Q max [m³/s]	PDC m	Production kw	Nb turb	Q min [m³/s]	ee devers. Qr jours	ee devers. Qr jours
1.4	3.5	0.915	1'329	1	0.875	75	130
1.5	3.5	0.653	1'356	1	0.875	75	130
1.6	3.5	0.477	1'377	1	0.875	75	130
1.5	4.0	0.837	1'438	1	1.000	90	114
1.6	4.0	0.611	1'465	1	1.000	90	114
1.5	4.5	1.043	1'470	1	1.125	100	100
1.6	4.5	0.760	1'506	1	1.125	100	100
1.6	5.0	0.925	1'560	1	1.250	110	90
1.8	5.0	0.520	1'613	1	1.250	110	90
1.8	6.0	0.731	1'662	1	1.500	125	70
1.4	3.5	0.915	1'402	2	0.438	36	130
1.5	3.5	0.653	1'432	2	0.438	36	130
1.6	3.5	0.477	1.453	2	0.438	36	130
1.5	4.0	0.837	1'519	2	0.500	40	114
1.6	4.0	0.611	1'547	2	0.500	40	114
1.5	4.5	1.043	1'586	2	0.563	45	100
1.6	4.5	0.760	1'622	2	0.563	45	100
1.6	5.0	0.925	1'684	2	0.625	50	90
1.8	5.0	0.520	1'736	2	0.625	50	90
1.8	6.0	0.731	1'824	2	0.750	65	70

Le critère de déversement est respecté pour toutes les variantes étudiées.

La variante présentant le moins de jours de déversement est la variante à 6 m³/s et deux machines qui déverseront pendant 135 jours.

Les rendements des conduites à pleine charge varie entre 90 et 94%. Comme évoqué précédemment, les coûts de génie civil risquent d'être élevés et notamment la pose de la conduite qui sera vraisemblablement le poste le plus important.

La variante à considérer en priorité est, par conséquent, celle qui permet de maximiser la production annuelle, c'est à dire la variante à 6 m³/s avec un diamètre de conduite de 1800 mm et deux machines.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

En considérant une perte de charge de 10%, la conduite de 1800 mm permettrait d'exploiter un débit de 7 m³/s au maximum tout en satisfaisant encore au critère de déversement.

Cependant, la durée de fonctionnement annuelle n'est plus que de 290 jours alors qu'elle est de 300 jours pour la variante à 6 m³/s.

Le gain de production entre 6 et 7 m³/s est de très peu supérieure à la perte de production due à cette réduction de la durée de fonctionnement.

De plus, les machines seront plus volumineuses et augmenteront les coûts de l'électromécanique que du génie civil.

Ces raisons nous ont amené à nous limiter à un débit de **6 m³/s**.

Les principales caractéristiques de la conduite sont données dans le tableau ci-dessous :

variante	Q max [m ³ /s]	diamètre nominal de la conduite [mm]	coefficient de perte de charge [khr]	rendement de la conduite max
	6.0	1800	0.020301	93%

3.5. ENERGIE MASSIQUE DISPONIBLE

L'énergie massique disponible E est définie comme suit :

$$E = gH = g \left(\Delta Z - kQ^2 - \frac{C_r^2}{2} \right)$$

où **g** est la constante de gravité

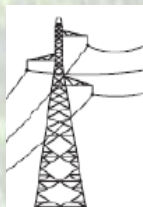
ΔZ est la dénivellation

k est le coefficient de pertes de charge

Q est le débit considéré

C_r² est la vitesse restante en sortie d'aspirateur, supposée à 2 m/s au débit maximum.

Le terme $\frac{gC_r^2}{2}$ est l'énergie cinétique résiduelle qui n'est pas récupérable et dont il faut tenir compte comme une perte lors de l'évaluation de la production annuelle. La méthode la plus simple pour intégrer cette perte est de corriger la dénivellation de la quantité $C_r^2/2g \sim 0.2 \text{ m}$ et de considérer la nouvelle dénivellation obtenue comme constante quel que soit le débit. Cette dénivellation corrigée de 9.9m a été employée pour l'estimation de la production.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

A débit maximum, elle vaut, pour la variante choisie :

Variante	Débit		ΔZ		E		H_n		E - ΔE_c		$H_n - \Delta H_c$	
	6.0	m ³ /s	10.1	m	91.88	J/kg	9.37	m	89.88	J/kg	9.17	m

Nous avons également indiqué dans ce tableau la chute nette H_n , bien que celle –ci ne corresponde pas à une réalité physique.

3.6. CHOIX DU TYPE DE MACHINE

La dénivellation et les débits à disposition rendent nécessaire l'installation d'une ou de plusieurs turbines Kaplan. Le choix du type (simple ou double réglage) et du nombre de machines dépend de critères techniques et économiques.

Deux machines identiques permettront de meilleures conditions d'exploitation aux faibles débits (jusqu'à 12.5% du débit maximum d'installation) tandis qu'une machine cessera de produire lorsque le débit sera inférieur à 25% du débit maximum.

Par ailleurs, dans l'option avec deux machines, la révision d'une machine ne fera perdre qu'une partie de la production, la seconde pouvant continuer à fonctionner en parallèle.

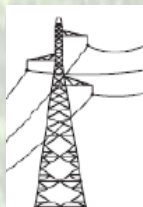
Il est par contre évident que le fait de doubler le nombre de machine augmente l'investissement tant de l'électromécanique que du génie civil, et qu'il convient de trouver un compromis économique acceptable.

Le débit de 6.0 ou 7 m³/s avec une seule machine implique obligatoirement une turbine à double réglage, volumineuse, relativement complexe, difficilement disponible auprès des petits constructeurs et d'un prix élevé.

De plus, elle ne permettra pas de conserver une flexibilité en cas de révision d'un des groupes.

Nous choisissons donc pour ce débit une exploitation à deux machines.

Afin de conserver les avantages d'une flexibilité importante, nous retenons cependant, également pour ce débit, la variante à deux machines.



4. VARIANTE CONSIDÉRÉE POUR LA SUITE DE L'ÉTUDE

Pour notre étude, nous avons considéré la variante ci-dessous:

Variante à deux machines			
Dénivellation moyenne	ΔZ	10.1	m
Energie massique disponible	E	91.88	J/kg
Chute nette	Hn	9.37	m
Débit maximal	Q	6.0	m ³ /s
Diamètre conduite	D	1800	mm
nombre de turbines		2	

5. SPECIFICATIONS TECHNIQUES PRELIMINAIRES DES PRINCIPAUX COMPOSANTS

5.1. GENIE CIVIL

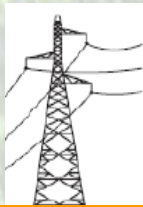
5.1.1. Seuil et passe à poissons

Le seuil à construire est un ouvrage en maçonnerie dont la largeur est d'environ 9m, l'épaisseur au couronnement est d'environ 0.5 m et l'épaisseur à la base est d'environ 2 m.

Un rehaussement du seuil est envisagé. Il sera réalisé à l'aide d'éléments en béton armé préfabriqués, ancrés dans le seuil, ce qui portera sa hauteur à environ 10 m depuis le pied de l'ouvrage.

Un décrochement dans le rehaussement permettra l'écoulement de l'eau dans la rampe rugueuse. La rampe rugueuse est constituée par un ensemble de blocs des granites roses de tailles métriques à pluri métriques diverses reconstituant un tronçon de rivière comprenant un lit mineur pour les faibles débits et par lequel passera le débit résiduel ainsi qu'un lit majeur pour les périodes de crues.

Cette rampe débutera depuis le couronnement du seuil et s'étendra sur une longueur d'environ 30 m en aval du seuil avec une pente d'environ 10%. Le lit mineur cheminera sur toute la largeur de la rampe.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

5.1.2. Prise d'eau et ouvrage de raccordement

L'ouvrage de raccordement entre la prise d'eau et la conduite aura les dimensions suivantes :
2 x 2 x 3 m (longueur x largeur x hauteur).

Un système servant à isoler la conduite pour des contrôles ou de l'entretien, situera directement à l'aval du dégrilleur. Il se limitera à un batardeau que l'on placera manuellement en cas de nécessité à l'aide d'une potence amovible afin de limiter l'impact sur le paysage.

5.1.3. Conduites

5.1.3.1. Diamètre

Le diamètre des conduites est :

- pour la variante choisie : 1800 mm

5.1.3.2. Tracé de la conduite et longueur

Les conduites seront posées en parallèle.

La longueur, déterminée sur plan vaut 470 m.

Les conduites seront entièrement composées d'un tuyau fibre de verre / époxy jusqu'au répartiteur.

5.1.3.3. Caractéristiques mécaniques

La conduite doit être en mesure de supporter une surpression temporaire due aux arrêts et démarrages de la machine, environ 30% supérieure à la pression statique.

La pression maximum admissible est de 1.5 bars.

L'utilisation de conduite PN6 en standard satisfait largement cette exigence.

5.1.3.4. Divers

Un conduit passe-câble sera posé en parallèle à la conduite. Celui-ci contiendra le câblage de la commande du dégrilleur, de transmission des alarmes, des signaux des sondes de niveau ainsi que l'alimentation électrique.

5.1.4. Centrale et ouvrage de restitution

La solution retenue pour la centrale est une implantation partiellement enterrée et réalisée en béton.

L'ouvrage de restitution est composé d'un bassin avec déversoir à la cote du niveau d'étiage de la rivière.

Ce déversoir est indispensable pour maintenir en tout temps une contre-pression minimale nécessaire au bon fonctionnement des turbines.

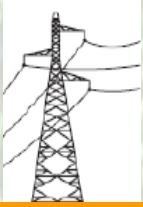
Ce type de réalisation permet en outre de ne mettre en place qu'un batardeau de taille réduite à la sortie du bassin.

Les plans préliminaires d'implantation et de la centrale sont fournis en annexe.

5.2. MATERIEL HYDROMECHANIQUE

5.2.1. Dégrilleur

La grille de la prise d'eau aura une surface d'environ 6 m².



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEM / SCOP

Le fonctionnement du dégrilleur sera automatique et sera déclenché par la mesure de la différence de niveau entre deux sondes situées de part et d'autre de la grille (détection d'obstruction).

Un limiteur d'effort coupera l'alimentation du moteur en cas de blocage du dégrilleur.

L'alimentation électrique sera assurée par un câble électrique partant de la centrale et longeant la conduite dans le passage de câbles prévu à cet effet.

Les alarmes ainsi que les indications des sondes de niveau seront également transmises à la centrale.

Les déchets récoltés seront stockés dans une benne et seront régulièrement évacués à l'aide d'un véhicule léger.

5.2.2. Vidange de fond

La réalisation d'une vidange de fond n'est pas réalisable sous le seuil. L'observation actuelle du site indique que le centre de la rivière et la rive gauche ne seront pas particulièrement comblés par des dépôts alluvionnaires, compte-tenu des roches sous-jacentes.

Le comblement de la zone de la prise d'eau en rive droite est essentiellement dû à une zone d'eaux mortes qui disparaîtra une fois l'installation en service.

5.2.3. Vannes de garde

La vanne de garde est installée directement en amont de la machine, elle permet de l'isoler lors d'arrêts et de travaux de maintenance. Chaque turbine aura sa propre vanne, de type guillotine.

Les avantages majeurs de ce type de vanne sont qu'elle n'introduit pas de perte de charge supplémentaire et que leur coût est relativement faible.

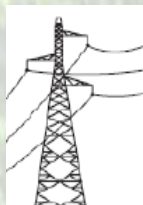
Son inconvénient est qu'elle ne possède pas de fonction de sécurité intrinsèque puisqu'elle reste ouverte en cas de perte de réseau.

La manœuvre de la vanne sera réalisée par un vérin électrique 24 ou 48 V DC. En cas de perte d'alimentation, la sécurité sera assurée par un système auxiliaire alimenté par batterie.

Afin de limiter les surpressions dans la conduite, le temps de fermeture sera d'au moins 45 secondes.

5.2.4. Turbine

Les indications fournies à titre provisoire peuvent varier en fonction du constructeur choisi.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

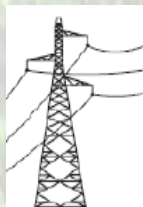
COPEDM / SCOP

Caractéristiques principales des turbines pour la variante considérée:

Débit d'installation	Q_{max}	6.0	m^3
Dénivellation	ΔZ	10.1	m
Chute nette	H_n	9.37	m
Energie massique à Q_{max}	gH_n	91.88	J/kg
Type de turbine	Kaplan simple réglage		
Nombre de turbines	2		
Débit nominal par turbine	Q_N	3.0	m^3/s
Débit minimal par turbine	Q_{min}	0.750	m^3/s
Puissance mécanique	P_{mec}	251	kW
Vitesse de rotation	N	500	tr/min
Vitesse d'emballement	N_r	1165	tr/min
Diamètre de roue	D_e	0.820	m
Nombre de pale	Z_p	4	
Hauteur d'implantation	H_s	0.3	m

Afin de ne pas risquer de pollution de la rivière, le palier turbine sera lubrifié à l'eau et la commande des vérins du dispositif de réglage des pales sera, si possible, électrique.

La turbine sera en prise directe avec la génératrice afin d'améliorer le rendement de l'installation et augmenter sa fiabilité.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEM / SCOP

5.3. EQUIPEMENTS ELECTRIQUES

5.3.1. Génératrice

type	synchrone		
Nombre	2		
Fréquence	f	50	H _z
Tension aux bornes	U	400	V
Cos phi		0.9	
Puissance électrique	P _{el}	170	kW
Puissance électrique nominale	P _{el}	200	kW
Vitesse de rotation	n	600	tr/min
Vitesse d'emballement	n _r	1400	tr/min
Classe de protection		IP23	
Classe de refroidissement		IC01	

Caractéristiques principales des génératrices pour la variante considérée.

Le palier buté devra être dimensionné pour supporter les efforts axiaux de la turbine et devra avoir une durée de vie d'au moins 100'000 heures.

5.3.2. Transformateur

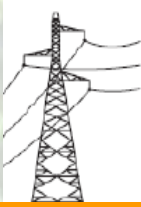
La distance séparant la centrale et le poste d'alimentation, étant d'environ 200 m et au vu des puissances en jeu, nous préconisons une liaison en 16 kV.

Type		Remplissage intégral
Nombre		1
Tension aux bornes	U	400 / 16'000 V
Puissance apparente	P _s	400 kW

Caractéristiques du transformateur.

5.3.3. Moyens de levage

Une fois les équipements électromécaniques mis en place, Les opérations de manutentions éventuelles, tant au niveau de la génératrice qu'au niveau de la turbine, seront réalisées à l'aide d'un camion grue via une trappe prévue dans le toit.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

5.3.4. Contrôle commande

La régulation sera asservie au niveau du plan d'eau amont. Le signal sera fourni en 4 – 20 mA. Les turbines devront pouvoir fonctionner en automatique ou en manuel (mise en route et couplage au réseau).

En cas de déclenchement du réseau, le redémarrage se fera de manière automatique. (Il en est de même en cas d'arrêt consécutif à une alarme, si celle –ci disparaît sans intervention humaine.)

Les tableaux comprendront en outre les éléments suivants :

- Commande des pales avec affichage de l'ouverture ;
- Réglage de $\cos \varphi$ (si non inclus dans les alternateurs) ;
- Voltmètre wattmètre, fréquencemètre, mesure du $\cos \varphi$, synchroscope, compte tour ;
- Indicateur de niveau amont ;
- Indicateur de charges des batteries de secours ;
- Compteur d'heures, compteur de démarrage ;
- Température des roulements et du bobinage de l'alternateur ;
- Arrêt d'urgence.

Les alarmes suivantes devront être traitées :

- Niveau amont insuffisant ;
- Défaut dégrilleur ;
- Perte de charge dégrilleur ;
- Surcharges alternateur ;
- Survitesse ;
- Arrêt d'urgence ;
- Défaut de mise en marche ;
- Roulements alternateurs ;
- Bobinages ;
- Retour de courant ;
- Surcharge batteries ;
- Défaut batterie.

5.3.5. Dispositif de sécurité

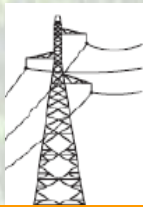
La turbine ainsi que la génératrice devront pouvoir tourner au moins 10 minutes à l'emballement sans dommage.

En cas de perte d'alimentation dans la centrale, la turbine devra pouvoir être arrêtée et mise en sécurité par la fermeture de la vanne de garde.

Ceci sera réalisé par une alimentation auxiliaire alimentée par batteries de capacité suffisante, munie d'un système de contrôle de charge.

5.4. RACCORDEMENT AU RESEAU

Le raccordement sur le poste de transformation principal de la SNE est la solution technique la plus simple.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

6. ANALYSES TECHNICO-ECONOMIQUES

6.1. HYPOTHESES

Les hypothèses prises dans le cadre de cette analyse sont :

a- Electromécanique

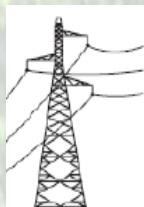
- Dans notre cas, les prix des équipements électromécaniques seront dépendants du débit d'installation. Seuls les groupes turbo-alternateurs seront légèrement différents. L'impact sur le coût global de l'aménagement étant faible, nous avons considéré un investissement unique pour ceux-ci. Les prix sont établis sur la base d'offres pour des réalisations semblables.
- Le prix du raccordement sera déterminé après négociation avec la Société Nationale de Distribution (SNE) par le maître d'ouvrage.

b- Génie civil

- Construction du seuil
- Construction de la prise d'eau
- Conduites et leur pose
- Le coût de construction de la centrale est évalué à partir du bâtiment nécessaire pour la variante $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Les coûts comprennent un poste "honoraire d'ingénieur" comme responsable de la direction des travaux.

c- Financier

- Le taux d'emprunt sera défini d'entente par le maître d'œuvre et le partenaire financier.
- Les durées d'amortissement seront définies d'entente avec le partenaire financier. Toutefois, nous envisageons les durées suivantes:
 - Génie civil : 15 ans
 - Electromécanique : 10 ans
 - Contrôle commande : 5 ans
 - Frais admin./études : 5 ans
- L'annuité est pondérée par la part d'investissement de chaque poste, selon la répartition suivante :
 - Génie civil : 65%
 - Electromécanique : 20%
 - Contrôle commande : 7%
 - Etudes & admin. : 8%
- Le coefficient d'annuité considéré tenant compte des valeurs ci-dessus est de 6.75%.
- L'impôt, dépendant fortement de la manière dont est gérée la société et des divers encouragements fiscaux pour la création d'entreprise, n'est pas pris en compte dans cette étude.
- L'investissement initial provient entièrement d'un emprunt et ne tient pas compte d'éventuels fonds propres.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

6.2. PRIX DE VENTE DE L'ENERGIE

Les prix qui seront pratiqués pour la commercialisation de l'énergie produite par la COPEDM devront correspondre aux recommandations du Code de l'Électricité en vigueur dans le pays. Un calcul de production journalier pour le débit de $6 \text{ m}^3/\text{s}$ a été réalisé sur trois années (2018, 2019 et 2020) et a permis de déterminer le tarif annuel fixe de $0.1 \text{ US\$ / kWh}$.

	annuel
Tarif fixe (US\$/kWh)	0.1

6.3. ETUDE DE LA VARIANTE $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$

6.3.1. Estimation de la production annuelle

L'estimation de la production annuelle a été obtenue en tenant compte des rendements des générateurs de la SNE de Mossendjo.

Production [MWh/an]	Revenu [US\$/an]
1'825	291'840

Le détail du calcul est fourni dans l'annexe

6.3.2. Estimation des frais d'exploitation annuels

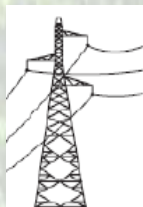
6.3.2.1. Entretien

Les frais d'exploitation, comprenant les frais annuels d'assurance ainsi que les coûts de maintenance, d'entretien courant, d'évacuation des déchets et de consommation d'énergie, sont estimés à partir du barrage hydroélectrique de MOUKOUKOULOU. Ils sont évalués à $0.06 \text{ US\$ / kWh}$.

Les coûts de maintenance et d'entretien se limitent à de petites réparations et à une visite sur site régulière pour contrôle et évacuation des déchets accumulés dans le dégrilleur. Par expérience, le temps consacré à ces opérations est d'environ 2h par semaine.

Tous les 5 ans, un montant supplémentaire est prévu pour un contrôle général de la machine et pour le remplacement de certaines pièces d'usure.

Le changement du palier de la génératrice, réalisé de manière préventive, est prévu tous les 10 ans. Les frais inhérents à cette opération sont évalués à $0.08 \text{ US\$ / kWh}$.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

Un changement de l'ensemble du contrôle commande est prévu tous les 15 ans. Le montant de cette opération est chiffré à 0.08 US\$ / kWh.

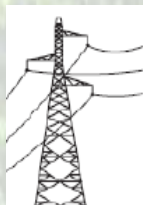
6.3.3. Investissements

6.3.3.1. Matériel électromécanique

Le prix de l'équipement électromécanique a été déterminé sur la base de petites centrales hydroélectriques de puissance similaire.

	Qté	PRIX (US \$)	TOTAL
PRISE D' EAU			
Dégrilleur	1	20 000	20 000
Batardeau	1	5 000	5 000
Sous - total			25 000
CENTRALE			
Vanne de garde	2		incl.
Turbine	2	230 000	460 000
Génératrice	2		incl.
Régulation	2	60 000	120 000
groupe hydraulique	2		incl.
Transformateur	1	20 000	20 000
Alimentation de secours 24V	1	25 000	25 000
Armoires électriques	2	33 000	66 000
Transport / Montage			incl.
Mise en service			incl.
Sous - total			691 000
RACCORDEMENT AU RESEAU SNE			
pose ligne	1		
comptage	1		
Sous - total			100 000
Divers et imprévus	1	80 000	80 000
Honoraires d'ingénieur	1	70 000	70 000
TOTAL			966 000

Coût de l'équipement électromécanique pour le débit 6.0 m³/s.



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

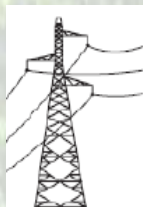
6.3.3.2. Génie civil

Les roches sous-jacentes du terrain étant de type granitique, nous avons considéré l'estimation des coûts de génie civil de la manière suivante:

DESIGNATION	MONTANT(US\$)
installation du chantier et travaux préparatoires	62 000
Sous - total	62 000
OUVRAGES EN AMONT	
rehaussement du seuil et passe à poissons	134 000
prise d'eau	52 000
ouvrage de raccordement en amont	34 000
Sous - total	220 000
CONDUITE	
fourniture conduite	385 000
fouille et pose	735 000
Sous - total	1 120 000
CENTRALE	
construction centrale	303 000
second œuvre	120 000
Sous - total	423 000
Divers et imprévus	150 000
Honoraires d'ingénieur	210 000
TOTAL	2 185 000

6.3.4. Total des investissements (US\$)

Genie civil	2 185 000
Electromecanique	866 000
Raccordement	100 000
COUT GLOBAL	3 151 000



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEM / SCOP

6.3.5. Analyse économique du débit $6.0 \text{ m}^3/\text{s}$

Dans le tableau financier donné dans l'annexe, les honoraires d'ingénieurs sont répartis dans les postes de génie civil et d'électromécanique et sont par conséquent amortis sur la durée correspondante du poste.

Le taux de rendement interne est fourni pour trois périodes : la durée de la concession (50 ans), la durée d'amortissement la plus longue (15 ans) et au milieu de la période d'amortissement (5 ans.)

La valeur actuelle nette est calculée au terme de la concession.

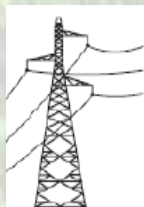
Les calculs ont été réalisés en prenant l'hypothèse d'une annuité fixe.

Le coût de revient du kWh est déterminé en divisant la somme des frais annuels, (annuité et frais d'exploitation) par la production annuelle et a été réalisé en considérant une année standard (comprenant **30 000 US\$** de frais d'exploitation).

Les principaux résultats, exprimés en **milliers de US\$**, sont repris dans les tableaux ci-dessous:

Production annuelle [US\$]	292 000
Frais généraux initiaux [US\$]	20 000
Génie civil [US\$]	2 185 000
Electromécanique [US\$]	866 000
Raccordement [US\$]	100 000
Frais annuels [US\$]	30 000
Droits de passage [US\$]	1 000
TRI 15 ans	3,4%
TRI 10 ans	3%
TRI 5 ans	1,5%
Temps de retour	12 ans
Taux d'actualisation	4,25%
Valeur Actuelle Nette (VAN) sur 15 ans	1 671 000

Résumé du tableau financier correspondant à la nature géologique du terrain



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

Investissement	3'151'000
Annuité	212'355
Frais généraux	1'000
Exploitation	30'000
Dépenses annuelles	243'355
Production [GWh]	1'825
Prix de revient du kWh [US\$]	13.3
Bénéfice annuel	48'645

Prix de revient du kWh et bénéfice annuel

6.3.6. Analyse de sensibilité

L'analyse de sensibilité consiste à analyser la variation de rentabilité du projet lorsque l'on y applique des variations sur les hypothèses relatives à chacune des composantes de l'échéancier des flux de trésorerie.

Les variations de production sont estimées à partir des variations annuelles due à l'hydrologie et calculée pour les années 2000 à 2015. Celles-ci sont de l'ordre de $\pm 15\%$.

Les coûts des équipements électromécaniques sont donnés avec une plage de précision de $\pm 10\%$. Le génie civil est un point dont les prix peuvent varier de manière importante.

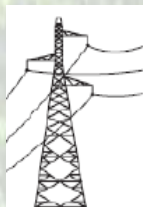
De plus certaines conditions locales, qui ne peuvent être prises en considération dans le cadre actuel du projet, peuvent également faire varier les prix de manière significative.

Par exemple, si l'entreprise de construction a, en parallèle, un autre chantier lui donnant accès à des gravats, le prix de celui-ci ne sera plus de 100.-/m³ mais, peut être de +/-20 m³.

Sans modifications majeures du projet et sans aléas géologiques, les prix fournis pour les travaux en rocher peuvent être considérés comme une fourchette supérieure. Les économies dues aux facteurs locaux peuvent être estimées à 10 à 15%.

La plage d'incertitude sur les prix GC en considérant les coûts en rocher peut donc être estimée à $\pm 10\%$. Les résultats de l'analyse sont donnés dans les tableaux 14 et 15 ci-dessous. Elles sont définies par :

- production de + / -15%
- prix de l'électromécanique de + / -10%
- prix du génie civil en rocher + / -10%



COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

terrain rocheux	GC + Em fav.	GC + Em def.	Prod fav.	Prod def.	Tout fav.	Def. critique
Production annuelle	292	292	15% 336	-15% 248	15% 336	-10% 262
Génie Civil	-10% 1 943	10% 2 375	2156	2159	-10% 1 943	10% 2 375
Electromécanique	-10% 779	10% 953	866	866	-10% 779	10% 953
Raccordement	100	100	100	100	100	100
Frais annuels	31	31	31	31	31	31
TRI 15 ans	9.50%	7.40%	10.30%	6.50%	11.60%	6.70%
TRI 10 ans	9.00%	6.70%	9.80%	5.60%	11.20%	5.90%
TRI 5 ans	4.30%	1.10%	5.40%	-0.60%	7.30%	-0.10%
Temps de retour	11 ans	14 ans	11 ans	16 ans	10 ans	16 ans
Taux d'actualisation	4.25%	4.25%	4.25%	4.25%	4.25%	4.25%
VAN	2 302	1 451	2 578	905	2 869	969
Coefficient d'actualisation	6.75%	6.75%	6.75%	6.75%	6.75%	6.75%
Prix de revient du kWh						
Bénéfice annuel						

Résumé financier

6.4. CONCLUSION GENERALE

Le Projet tel qu'étudié présente une rentabilité certaine, avec son débit de 6.0 m³ /s qui permet de maximiser la production.

Le coût global du projet s'élève à 3 151 000 US\$ en terrain rocheux.

L'analyse réalisée ne tient pas compte des éventuels fonds propres à disposition pour le projet. Ceux-ci, diminuant l'annuité, permettront d'augmenter le bénéfice annuel.

L'analyse de sensibilité montre que la variable critique est la production annuelle.

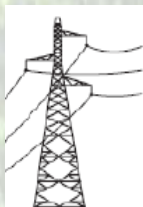
Celle-ci dépend essentiellement de l'hydrologie et du rendement des turbines.

La première s'équilibre naturellement au fil des ans, les années pluvieuses compensant les années sèches.

L'unique cause pouvant provoquer une diminution de longue durée des débits disponibles serait un prélèvement d'eau en amont du seuil. Toutefois un tel prélèvement est fortement improbable.

Le second point, qui est le rendement des turbines, met en évidence l'importance d'avoir des garanties de rendement fiables.

Une optimisation de la conduite peut être réalisée afin d'exploiter la possibilité d'imbriquer des tubes les uns dans les autres et d'employer des tubes de grande longueur pour diminuer les coûts de transport.

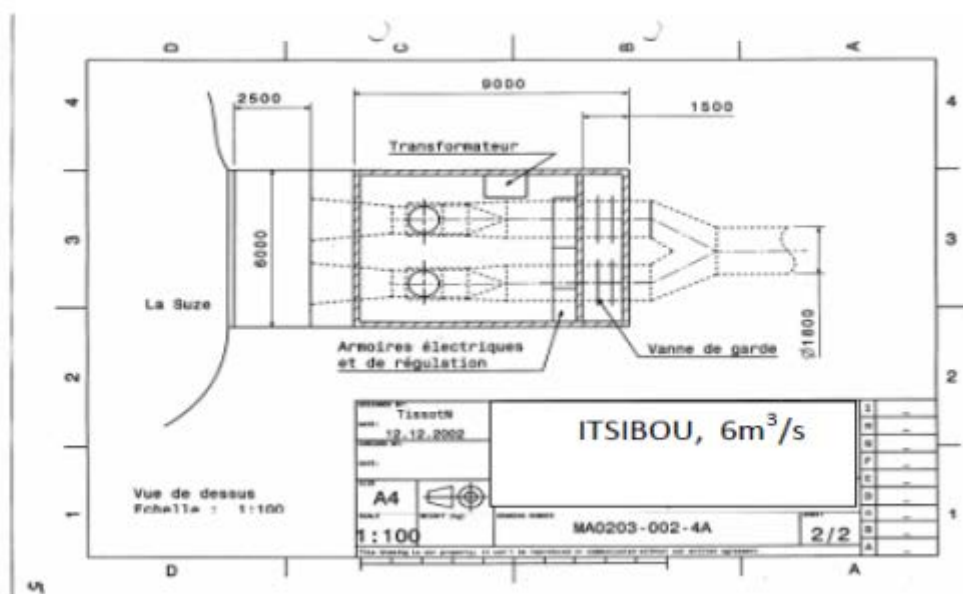


COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

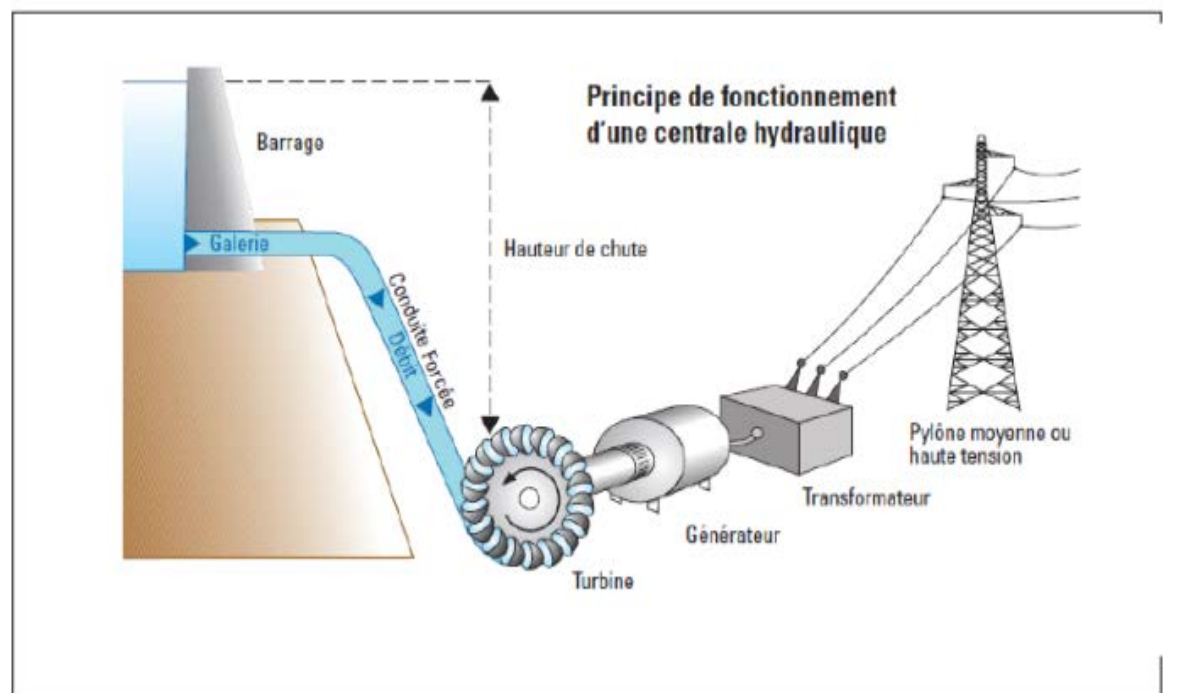
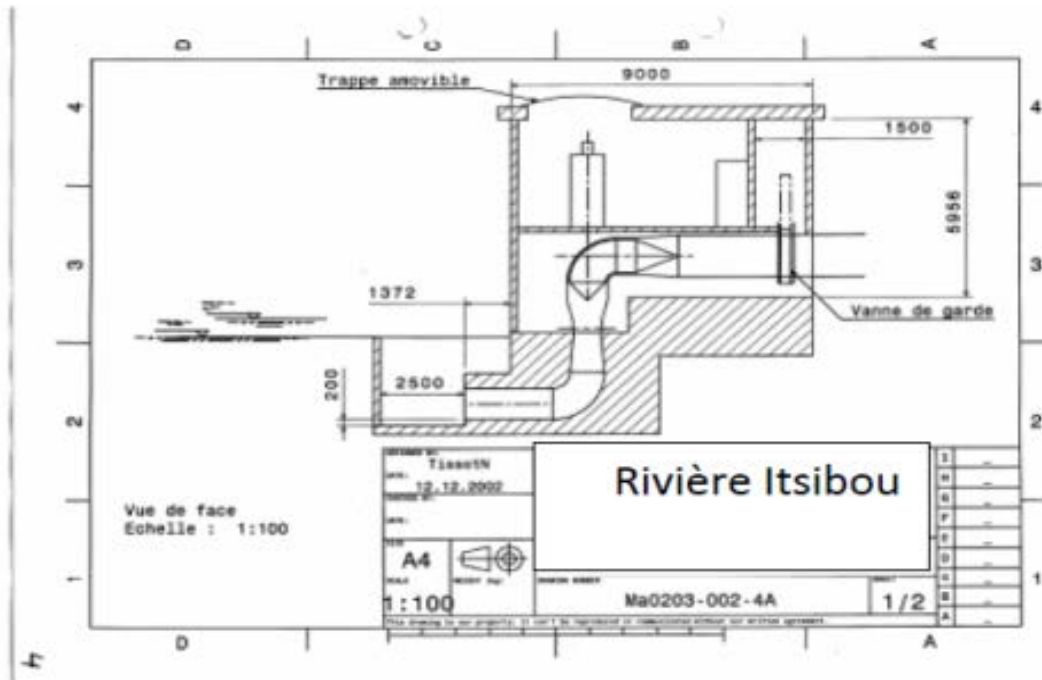
7. TABLEAU: ETUDE ECONOMIQUE PREVISIONNELLE(voir page spéciale)

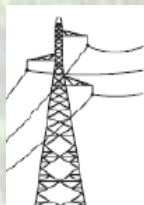
8. ANNEXES: PLANCHES





COPEDM / SCOP





COOPERATIVE POUR LA PRODUCTION DE L'ELECTRICITE ET LE DEVELOPPEMENT DE MOSSENDJO

COPEDM / SCOP

