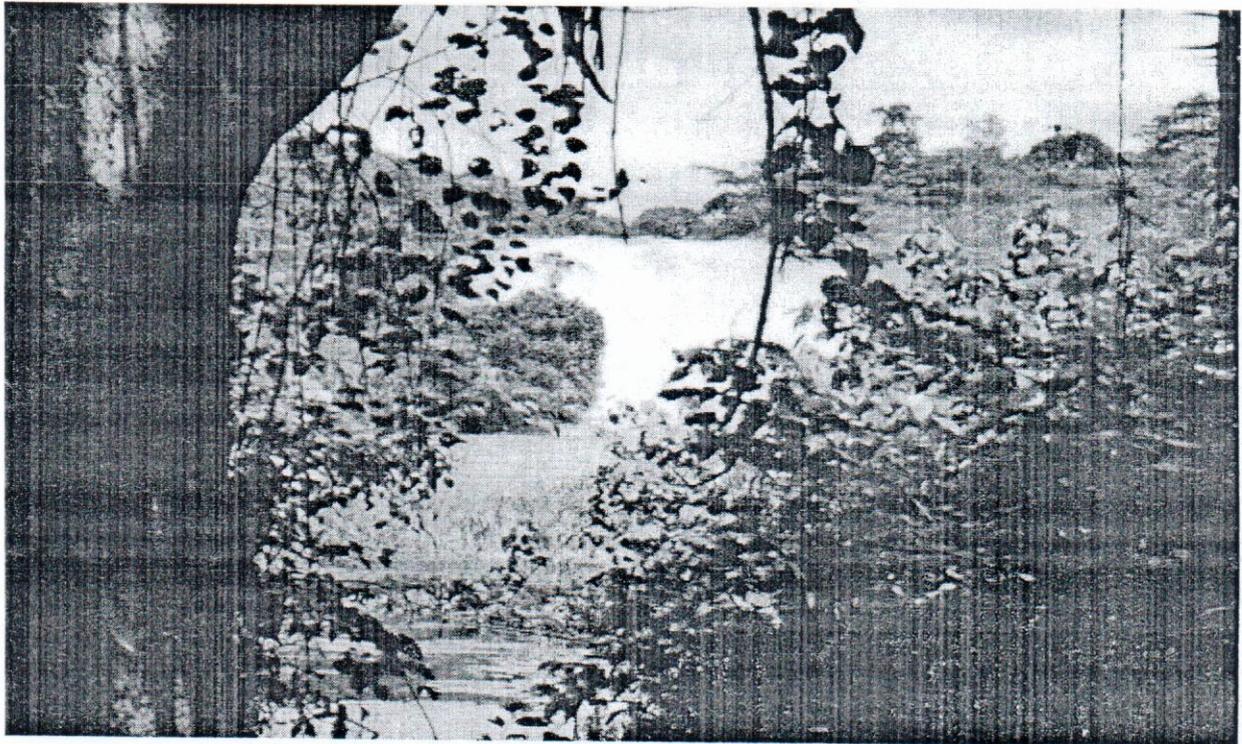


République du Congo

Rapport de planification de développement hydroélectrique du bassin versant du cours d'eau moyen et aval de la rivière Louessé et de son affluent Mpoukou

Aménagement hydroélectrique de Mpoukou (Avant-projet sommaire)



Huafei Yijiang Hydropower Development Co.,Ltd.

Octobre 2021

Sites hydroélectriques à développer avec Huafei Yijiang Hydropower Development Co. Ltd

Libellé	Mpoukou	Ibabanga 3	Ibabanga 2	Ibabanga 1	Bikongo
Superficie du bassin versant (km ²)	4 320	11 780	13 430	13 500	13 900
Débit (m ³ /s)	82	267	305	306	315
Cote amont (m)	420	270	210	150	120
Cote aval (m)	270	210	150	120	80
Hauteur de chute (m)	150	60	60	30	40
Chute nominale (m)	140	50	55	22	35
Puissance (MW)	180	170	220	87	150
Coût estimatif (10 ⁶ USD)	441	425	528	218	390
Productible moyen (GWh)	837	808	1 190	458	716
Coût par MW installé (10 ⁶ USD/MW)	2,45	2,50	2,40	2,50	2,60

Mode de financement : Build, Operate and Transfer (B.O.T)

Dans le cadre du projet de planification hydroélectrique du bassin versant du cours d'eau moyen et aval de la rivière Louessé et de son bras Mpoukou, le Gouvernement de la République, à travers le Ministère de l'Energie et de l'Hydraulique, (MEH) avait signé le 16 septembre 2019, un protocole d'accord avec la société chinoise Huafei Yijiang Hydropower Development Co., Ltd pour la réalisation des études de faisabilité des barrages en cascade d'Ibabanga (I, II, III), de Bikongo sur la rivière Louessé et de Mpoukou sur la rivière du même nom en vue de la construction de ces centrales hydroélectriques en mode B.O.T et leur exploitation.

En date du 09 septembre 2020, Huafei a soumis au MEH la première version du rapport de planification de développement hydroélectrique du bassin versant du cours d'eau moyen et aval de la rivière Louessé et de son bras Mpoukou aux fins d'une évaluation.

Le 22 avril 2021, le MEH a adressé à Huafei ses observations et amendements dudit rapport. Les responsables de cette société sont attendus au Congo dans les prochains jours pour une présentation du rapport amendé aux fins de l'approbation de celui-ci avant la poursuite de la mise en œuvre du protocole d'accord.

Site hydroélectrique de Mpoukou

1.- Section du bras Mpoukou sur le cours d'eau moyen de la rivière Louessé

- Surface du bassin versant : 4.320 km²
- Débit moyen : 82 m³/s
- Longueur du cours d'eau : 65 km
- Différence de niveau : 150 m

Cette section mesure 65,0 km de longueur, pour laquelle la surface du bassin versant et le ruissellement sont petits. Mais des chutes d'eau se concentrent dans cette section et le terrain en amont du site de barrage prévu est vaste, ce qui constitue les conditions à construire un aménagement hydroélectrique à réservoir. D'ailleurs, les conditions de circulation s'y avèrent bonnes. Cette section s'annonce très bonne en développement des ressources hydrauliques.

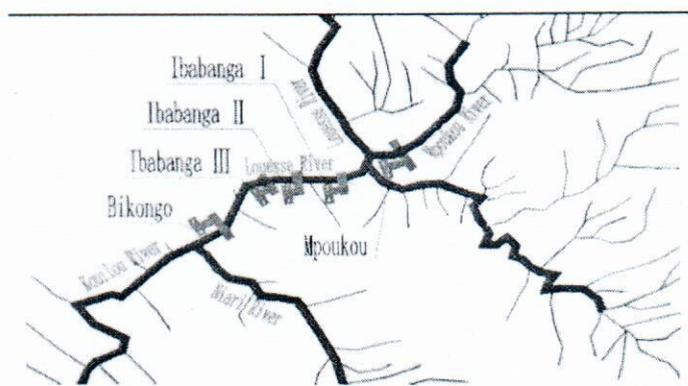
L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou, qui fait l'objet du présent développement, est préliminairement prévu comme celui de type mixte. Son site de barrage se situe en amont de la cascade sur le canyon du cours d'eau, son tunnel d'amenée d'eau fait d'environ 4,5 km de long, son usine repose sur la terrasse à l'angle de rive gauche à l'aval de la section. La différence de niveaux profitable est d'environ 150 m au total, dont celui pour le cours d'amenée d'eau est de 110 m. Il est envisagé une capacité installée de 180 MW en cette phase pour une RN de 420 m et un niveau d'eau aval de 270 m dans l'usine.

Pour l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou, l'investissement total pour ses ouvrages hydrauliques est de 0,441 milliard USD, la production électrique moyenne de plusieurs années de 8 370 GWh, l'investissement par kW de 450 USD/kW et l'investissement par kWh de 0,527 USD/kWh.

2.- Caractéristiques de la rivière

Le cours d'eau à développer dans le bassin versant du bras Mpoukou a une longueur de 65,0 km, la surface du bassin versant de 4 320 km², la différence de niveaux naturelle de 150m, le H/L moyen de 2,538 ‰, la capacité installée d'environ 180 MW et la production électrique annuelle de 0,837 milliard de kWh.

La section amont étudiée mesure 65,0 km de longueur et présente une différence de niveaux naturelle de 150 m, un H/L de 2,538 ‰ et de bonnes conditions d'accès au site. En amont du site de barrage, le cours d'eau est relativement doux, les conditions géologiques et du terrain à construire un aménagement hydroélectrique à réservoir sont remplies. Cette section s'annonce très bonne en développement des ressources hydrauliques.



3.- Conditions de développement de la cascade de Mpoukou

(1) Conditions géologiques.

Dans le cadre de l'Aménagement hydroélectrique Mpoukou, le retour d'eau du réservoir est d'environ 60 km et le H/L moyen du cours d'eau est d'environ 2,538‰. La zone de travaux se situe globalement dans la zone transitoire entre le bassin Niari et le plateau Batéké. Le lit du cours d'eau est en général large, sur les rives duquel les montagnes s'ondulent faiblement et que le terrain est doux. Le long du cours d'eau, il y a deux cascades avec une différence de niveaux importante. Le lit du cours d'eau où se trouvent celles-ci est généralement en grès dur très épais et la formation des cascades est due à la différence des roches qui se différencient par leur lithologie en matière de résistance à l'érosion et au coupage. Dans la zone de travaux, sur les rives le long de la rivière s'étend une couverture large, dont la couche superficielle est en sol végétal de 30-50 cm, la couche inférieure côté rivière est en sable fin ou argile silteuse alluviale et proluviale et la couche côté montagne est principalement en sol sableux éluvial avec peu de blocs et concassés, avec une épaisseur d'environ 1-10 m. Le lit fluvial est en couche alluviale de graviers coulés et sableux, avec une épaisseur d'environ 5-10 m. Selon le relief sur les rives et la lithologie des affleurements sur les rives du cours d'eau où se trouvent des cascades, on peut juger que le substratum sous-jacent dans la zone de travaux est principalement en schiste sableux et argileux et celui sur le cours d'eau où se trouvent des cascades est en grès épais. La zone de travaux est soumise à une évolution tectonique faible, où les couches de roche sont quasi horizontales et qu'il y a de nombreuses fissures. Sur les rives de la rivière, le terrain est large et doux et des végétations s'étendent, donc sans mauvais phénomènes géologiques tels que le glissement et la coulée de boue. Le phénomène physico-géologique principal se manifeste sous la forme de l'altération du massif rocheux. Les strates sont faiblement jusqu'à complètement altérées.

Il est prévu préliminairement que la RN est de 420 m. Sur les rives de la rivière, des forêts humides tropicales sont denses et le terrain est large et doux, sans répartition d'agglomérations et de terres cultivées mais avec un pont routier qui franchit le cours d'eau dans la zone de réservoir (dont la cote devrait être plus basse que la RN). Après la mise en eau du réservoir, la hauteur rehaussée du réservoir sera petite et les rives du réservoir seront stables et il n'y aura pas de fuites du réservoir. Des problèmes éventuels provoqués par l'inondation, l'immersion par le réservoir et en ce qui concerne le ruissellement des sédiments et l'induction de tremblements ne s'avéreront pas importants. Dans la zone de site de barrage, le terrain sur les rives est doux et couvert de végétations denses, où une couverture s'étend largement et sous lequel se trouverait la strate de schiste sableux et argileux. Le massif rocheux modérément altéré permet de répondre aux conditions de la construction de barrage. Il existe probablement le problème de stabilité anti-glissement le long de la couche à pendage léger ou de la strate intercalaire faible. Il n'y a qu'à prévoir une petite profondeur d'étanchéité au-dessous de la fondation du barrage puisque le schiste sableux et argileux constitue une couche relativement étanche à celle étanche. En général, la vallée sur les rives du cours d'eau à l'endroit du site de barrage est douce et couverte d'une couverture et d'une couche complètement ou fortement altérée. Mais partiellement, il y a éventuellement des zones douces et basses, ce qui impose la construction d'un ou plusieurs digues de col et provoque une grande quantité de travaux pour le barrage. Au fil du système d'amenée d'eau, le terrain est doux et est coupé par un grand ravin et qu'une couche alluviale et proluviale et des bandes de grès fortement à complètement altérées avec une certaine épaisseur s'étendent, ce qui rend difficile la formation du tunnel. La ligne d'amenée d'eau mesure environ 4,5 km de longueur, le long de laquelle le terrain est doux, la couverture et la bande altérée seraient épaisses et le substratum sur les rives s'expose, les conditions à disposer le tunnel d'amenée d'eau étant donc remplies. Il est prévu préliminairement de disposer l'usine à l'angle de rive gauche en aval de la cascade. Le terrain sur les rives du cours d'eau est large et doux, sans problème de stabilité de haut talus arrière, et la strate de grès modérément altérée peut répondre aux exigences sur la construction de fondation de l'usine. Il existerait principalement des problèmes de stabilité de la couverture au niveau de la fouille d'usine et du talus temporaire de la bande complètement et fortement altérée. En cas de pluies torrentielles, de coupure de pente et de perturbation, des glissements et effondrements à petite échelle peuvent se produire, par conséquent des mesures des travaux appropriées doivent être prises.

(2) Conditions d'exécution.

Le terrain sur le site de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est doux, permettant de faciliter la disposition du chantier. Mais les pistes d'exécution restent à construire et les lignes d'alimentation en électricité à établir.

(3) Déménagement et inondation.

Dans le cadre de la construction de la cascade de Mpoukou, la surface d'emprise totale est de 3 495 ha, dont 1465 ha pour la zone submergée par le réservoir, 1860 ha pour la terre forestière et 146 ha pour la prairie. Cette surface comprend 3 471 ha d'emprise permanente et 24 ha d'emprise provisoire. La route à construire fait 22 km de longueur. La zone d'influence due à l'inondation par le réservoir de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est petite, il ne s'agit pas donc du déménagement et de la réinstallation des habitants.

(4) Conditions dans la zone de réservoir et régulation.

Dans le cadre de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou, la surface du bassin versant en amont du site de barrage est de 4 320 km², étant petite. La cote du lit de la rivière au niveau du site de barrage est d'environ 380 m. Lorsque la RN est de 420 m, c'est à dire que la hauteur rehaussée du réservoir est de 55 m, le volume de réservoir est aux alentours de 0,32 milliard de m³, le coefficient de volume du réservoir est de 12,37%. Le réservoir est pourvu d'une capacité de régulation annuelle et en mesure d'augmenter la production électrique et la qualité de l'électricité des aménagements hydroélectriques en cascade en son aval.

4.- Proposition du programme de développement de la cascade de Mpoukou

Cette section mesure 65,0 km de longueur, pour laquelle la surface du bassin versant et le ruissellement sont petits. Mais des chutes d'eau se concentrent dans cette section et le terrain en amont du site de barrage prévu est vaste, ce qui constitue les conditions à construire un aménagement hydroélectrique à réservoir. D'ailleurs, les conditions de circulation s'y avèrent bonnes. Cette section s'annonce très bonne en développement des ressources hydrauliques. L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou, qui fait l'objet du présent développement, est préliminairement prévu comme celui de type mixte. Son site de barrage se situe en amont de la cascade dans le canyon du cours d'eau, son tunnel d'amenée d'eau fait d'environ 4,5 km de long et son usine repose sur la rive gauche d'angle en aval de la cascade.

L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est celui de première cascade planifiée qui se domicilie sur le cours d'eau moyen et aval du bassin versant Louessé, à 5,0 km de l'embouchure de Mpoukou, à 12,5 km du barrage de l'aménagement hydroélectrique de deuxième cascade sur la rivière Louessé et à 228 km de Pointe-Noire. Dans le cadre du présent aménagement hydroélectrique, la chute d'eau de conception est de 140 m, le débit turbiné est de 135 m³/s, la capacité installée est de 180 MW, les heures productibles annuelles comptent 4 650 h et la production électrique moyenne de plusieurs années est de 0,837 milliard de kWh. L'investissement par kW est de 2450 USD/kW et l'investissement total est de 0,441 milliard USD.

Dans le cadre de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou, un barrage en remblai sera construit, dont la longueur est de 800 m et que la hauteur maximale est de 55 m. Un système d'amenée d'eau sous pression sera disposé pour produire de l'électricité, avec une longueur d'amenée d'eau de 4,5 km et un diamètre du tuyau sous pression de 2 x 5 m. L'usine sera disposée en plein air, dont l'usine principale mesure 150 m de longueur, 32 de hauteur totale et 28 m de largeur et que le bâtiment technique mesure 90 m de longueur totale et 18,0 m de largeur.

Le présent Aménagement hydroélectrique est celui de première cascade planifiée qui se domicilie sur le cours d'eau moyen et aval du bassin versant de la Louessé et est pourvu d'une capacité de régulation annuelle, dont les indices économiques se présentent bons, la ligne d'amenée d'eau est courte et les conditions d'accès au site s'avèrent bonnes. En conséquence, il est recommandé de le développer en première phase.

Items	Unité	Indice
RN en amont du barrage	M	420
Volume de régulation	Cent millions de m ³	3,2
Capacité de régulation		Régulation annuelle
Cote de montage du groupe	M	269
Capacité installée	MW	180
Débit turbiné de conception	m ³ /s	135
Taux d'utilisation d'eau	%	90%
Production électrique moyenne de plusieurs années	Cent millions de kwh	8,37
Heures productibles annuelles	h	4650
Chute d'eau nominale	M	140
Nombre de groupes	U	4

5.- Hydrologie -

5.1- Ruissellement au site de barrage

Le ruissellement au site de barrage de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est le résultat de l'agrandissement des statistiques de la station hydrologique de Sounda selon son rapport de surface avec le site de barrage, avec un coefficient de rapport de surface de 0,085. Par exemple, pour le calcul du ruissellement au site de barrage, les statistiques se font par années hydrologiques. Il en résulte que le ruissellement moyen de plusieurs années au site de barrage est de 2 586 Mm³, que le ruissellement annuel minimal est de 2 098 Mm³ et que le ruissellement annuel maximal est de 3 894 Mm³. Les ruissellements moyens de chaque mois sont indiqués dans le tableau 4-3. Pour la série de ruissellement annuel, la courbe de fréquence P-III est adoptée pour l'ajustement des courbes, obtenant ainsi les résultats de calcul de la fréquence du ruissellement annuel, comme indiqués dans le tableau 4-4.

Tableau 5.1 - Ruissellements moyens et débits moyens de plusieurs années de chaque mois au site de barrage de Mpoukou

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
Ruissellement (Mm ³)	235	210	258	372	333	151	119	100	94	134	262	313	2586
Débit (m ³ /s)	88	87	93	141	120	59	45	38	37	51	101	124	82

Tableau 5.2 - Résultats de calcul de la fréquence du ruissellement annuel au site de barrage de Mpoukou

Paramètres de statistique			Valeurs de conception pour différentes fréquences (Mm ³)				
Valeur moyenne	Cv	Cs/Cv	10%	25%	50%	75%	95%
6070	0,18	2,0	3198	2884	2559	2261	1873

5.2.- Crue Maximale Probable (CMP) au site de barrage

Il n'y a pas de riverains qui habitent dans le cadre de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou. Les enquêtes menées montrent qu'aucune crue exceptionnelle n'a eu lieu au cours des dernières années ; ce qui conduit à l'absence de la trace de crue évidente à étudier sur site. D'ailleurs, il n'y a pas de dossiers disponibles sur les crues dans l'histoire chez l'Administration des rivières. À cet effet, les dossiers sur les crues dans l'histoire ne sont pas disponibles.

Site de barrage	Valeurs de conception du débit de la crête de crue pour différentes fréquences (m ³ /s)								
	0,01% (+20%)	0,01%	0,05%	0,10%	0,20%	1%	2%	5%	20%
Mpoukou	641	535	477	454	430	368	344	307	247

Site de barrage	Période	Valeurs de conception du débit de la crête de crue pour différentes fréquences (m ³ /s)				
		2%	5%	10%	20%	50%
Mpoukou	De novembre à mai	343	305	277	246	200
	De juin à octobre	171	140	116	93	63

6.- Géologie de travaux des cascades planifiées

6.1.- Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

Dans le cadre de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou, la longueur du remous du réservoir est d'environ 60 km et le H/L moyen du cours d'eau est d'environ 2,538‰. La zone de travaux se situe globalement dans la zone transitoire entre le bassin du Niari et le Plateau Batéké. Le lit du cours d'eau est en général large, sur les rives duquel les montagnes s'ondulent faiblement et que le terrain est doux. Le long du cours d'eau, il y a deux cascades avec une différence de niveaux importante. Le lit du cours d'eau où se trouvent celles-ci est généralement en grès dur très épais et la formation des cascades est due à la différence des roches qui se différencient par leur lithologie en matière de résistance à l'érosion et au coupage. Dans la zone de travaux, sur les rives le long de la rivière s'étend une couverture large, dont la couche superficielle est en sol végétal de 30-50 cm, la couche inférieure côté rivière est en sable fin ou argile silteuse alluviale et proluviale et la couche côté montagne est principalement en sol sableux éluvial avec peu de blocs et concassés, avec une épaisseur d'environ 1-10 m. Le lit fluvial est en couche alluviale de graviers coulés et sableux, avec une épaisseur d'environ 5-10 m. Selon le relief sur les rives et la lithologie des affleurements sur les rives du cours d'eau où se trouvent des cascades, on peut juger que le substratum sous-jacent dans la zone de travaux est principalement en schiste sableux et argileux et celui sur le cours d'eau où se trouvent des cascades est en grès épais ; La zone de travaux est soumise à une évolution tectonique faible, où les couches de roche sont quasi horizontales et qu'il y a de nombreuses fissures. Sur les rives de la rivière, le terrain est large et doux et des végétations s'étendent, donc sans mauvais phénomènes géologiques tels que le glissement et la coulée de boue. Le phénomène physico-géologique principal se manifeste sous la forme de l'altération du massif rocheux. Les strates sont faiblement jusqu'à complètement altérées.

Il est prévu préliminairement que la RN est de 420 m. Sur les rives de la rivière, des forêts humides tropicales sont denses et le terrain est large et doux, sans répartition d'agglomérations et de terres cultivées mais avec un pont routier qui franchit le cours d'eau dans la zone de réservoir (dont la cote devrait être plus basse que la RN). Après la mise en eau du réservoir, la hauteur rehaussée du réservoir sera petite et les rives du réservoir seront stables et il n'y aura pas de fuites du réservoir. Des problèmes éventuels provoqués par l'inondation, l'immersion par le réservoir et en ce qui concerne le ruissellement des sédiments et l'induction de tremblements ne s'avéreront pas importants. Dans la zone de site de barrage, le terrain sur les rives est doux et couvert de végétation dense, où une couverture s'étend largement et sous laquelle se trouverait la strate de schiste sableux et argileux. Le massif rocheux modérément altéré permet de répondre aux conditions de la construction de barrage. Il existe probablement le problème de stabilité anti-glissement le long de la couche à pendage léger ou de la strate intercalaire faible. Il n'y a qu'à prévoir une petite profondeur d'étanchéité au-dessous de la fondation du barrage puisque le schiste sableux et argileux constitue une couche relativement étanche. En général, la vallée sur les rives du cours d'eau à l'endroit du site de barrage est douce et couverte d'une couverture et d'une couche complètement ou fortement altérée. Mais partiellement, il y a éventuellement des zones douces et basses, ce qui impose la construction d'un ou plusieurs digues de col et provoque une grande quantité de travaux pour le barrage.

Le relief le long du système d'amenée d'eau est bas et doux, avec un (1) ravin relativement grand, en plus, il existe de la couche alluviale et proluviale d'une certaine épaisseur et des bandes complètement et fortement altérées, les conditions sont donc défavorables pour former le tunnel. La ligne d'amenée d'eau mesure environ 4,5 km de longueur, le long de laquelle le terrain est doux, la couverture et la bande altérée seraient épaisses et le substratum sur les rives s'expose, les conditions à disposer le tunnel d'amenée d'eau étant donc remplies.

Il est prévu préliminairement de disposer l'usine dans la zone d'anse fluviale sur la rive gauche en aval de la cascade. Le terrain des deux rives de ce cours d'eau est large et doux, sans problème de stabilité de haut talus arrière, et la strate de siltite modérément altérée peut répondre aux exigences sur la construction de fondation de l'usine. Il existerait principalement

des problèmes de stabilité de la couverture de fouille d'usine et du talus temporaire de la bande complètement et fortement altérée. En cas de pluies torrentielles, de coupure de pente et de perturbation, des glissements et effondrements à petite échelle peuvent se produire, par conséquent des mesures des travaux appropriées doivent être prises.

7.- Emprise de construction et réinstallation des habitants

7.1.- Zone de construction des ouvrages hydrauliques

La zone de construction de travaux est prévue selon la limite de la disposition hydraulique, de la conception d'organisation d'exécution, et en raison des usages et des natures, elle est divisée en emprise permanente et emprise provisoire. Sur celle-là sont construits le barrage, l'évacuateur de crues, le système de production d'électricité par aménée d'eau, le système d'usine, le poste, la base permanente, etc. ; sur celle-ci sont construites la zone d'exécution, la carrière, la décharge, la route provisoire d'exécution, etc.

Selon la disposition hydraulique et l'organisation d'exécution du programme en cascade dans cette phase, l'emprise totale de la zone de construction pour les travaux de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est de 3 495 ha, dont l'emprise permanente est d'environ 3 471 ha ; l'emprise provisoire est de 24 ha.

Tableau 7-1 - Tableau récapitulatif des surfaces d'emprise de la zone de construction pour les travaux de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

N°	Programme en cascade	Item	Unité	Surface d'emprise
1	Emprise permanente	Ouvrages hydrauliques en tête	ha	2401
		Système d'aménée d'eau	ha	15
		Ouvrages hydrauliques dans la zone d'usine	ha	35
		Route permanente	ha	20
		Sous-total	ha	3471
2	Emprise provisoire	Carrières	ha	5
		Zone de décharge	ha	10
		Zone de production et de vie	ha	7
		Route provisoire	ha	2
		Sous-total	ha	24
3		Au total	ha	3495

7.2.- Résultats d'enquête matérielle de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

Selon l'enquête, la surface d'emprise totale concernée de la zone de construction pour les travaux est de 3 495 ha, dont l'emprise permanente est de 1 465 ha, y compris 1 860 ha de terre forestière, 146 ha de prairie et 1 465 ha d'eau ; l'emprise provisoire est de 24 ha. Le cadre de l'emprise de construction n'implique ni les agglomérations rurales ni les installations spéciales.

Tableau 7.2 - Résultats d'enquête matérielle de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

Items	Unité	Indice matériel	OBS
Surface de bassin versant en amont du site de barrage	km ²	4320	
RN du barrage	M	420	
Niveau d'eau aval d'usine	M	270	
Capacité installée	MW	180	
Surface d'emprise permanente			
Terre cultivée	ha		
Terre jardinière	ha		
Terre forestière	ha	1860	
Prairie	ha	146	
Eaux	ha	1465	
Sous-total	ha	3471	
Surface d'emprise provisoire			
Terre cultivée	ha		
Terre jardinière	ha		
Terre forestière	ha	16	
Prairie	ha	8	
Sous-total	ha	24	
Au total			
		3495	
Foyer	Foyer		Ne concernant pas le déménagement de population
Population	Personne		Ne concernant pas le déménagement de population
Route de circulation	km	22,00	A construire

8.- Dossiers sur le ruissellement

Les séries de ruissellement des sites de barrage consistent en dossier de 14 ans, qui est le résultat fourni par l'hydrologie. Le débit moyen de plusieurs années au niveau de chaque site de barrage est présenté dans les tableaux ci-dessous.

Tableau 8-1 Ruissellement moyen mensuel et débit moyen de plusieurs années du site de barrage de Mpoukou

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Année
Ruissellement (Mm ³)	235	210	258	372	333	151	119	100	94	134	262	313	2586
Debit (m ³ /s)	88	87	93	141	120	39	45	38	37	51	101	124	82

9.- Etudes de travaux de l'aménagement hydroélectrique de Mpoukou

La cascade aménagée pendant cette planification se situe sur le cours d'eau Mpoukou, affluent amont de rivière Louessé. La longueur de ce cours d'eau est de 60 km, dont la surface du bassin versant contrôlée est assez petite et le ruissellement est assez petit ; mais la distribution de chute d'eau de cette section est concentrée, le H/L du lit fluvial est grand, cela fait une valeur relativement grande de développement de ressources hydrauliques. Par conséquent, pour la cascade de Mpoukou, il est prévu d'utiliser le développement mixte, le site de barrage se situe en haut de la cascade du canyon du cours d'eau, le tunnel d'amenée d'eau est d'environ 4,5 km de long, l'usine se trouve sur la terrasse de baie rivière à rive gauche en aval de cascades. La RN de l'aménagement hydroélectrique en cascade est de 420 m.

La cascade de Mpoukou possède la capacité de régulation annuelle, pour la différence entre la RN et le niveau minimum d'exploitation du réservoir, on prend provisoirement 20% du niveau d'eau en réserve devant le barrage, pour cette phase, on prend préliminairement 420 m pour la RN et 410 m pour le niveau minimum d'exploitation correspondant.

L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est l'aménagement hydroélectrique de première cascade prévue dans la planification hydroélectrique pour les cours d'eau moyen et aval du bassin versant de la rivière Louessé. Cet aménagement se situe sur l'affluent Mpoukou, à 5 km de l'embouchure de l'affluent, et la longueur de retour d'eau du réservoir est d'environ 60 km, la différence de niveaux de ce cours d'eau est de 150 m et le H/L moyen est d'environ 2,538 ‰, avec la pente raide et le courant rapide, les ressources hydroélectriques sont abondantes. A la fin de ce cours d'eau, il existe un groupe de chutes d'eau et de cascades avec une longueur de 1,3 km, le barrage est disposé à la tête du groupe de cascades et l'usine de l'aménagement hydroélectrique est à l'extrémité du groupe de chutes d'eau. La condition de contrôle pour le niveau d'eau du réservoir est de sans submersion de l'autoroute P5 par le retour d'eau du réservoir, la RN du réservoir doit être de 420 m.

Les ravines sur la rive droite de la section de barrage-usine de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou sont relativement développées et ayant une grande étendue, tandis que les ravines sur la rive gauche ne sont pas développées. La ligne sur rive gauche du système d'amenée d'eau pour production d'électricité peut être ajustée. De cette façon, la ligne d'amenée d'eau est plus courte, donc, le système d'amenée d'eau pour la production d'électricité et l'usine de l'aménagement hydroélectrique sont tous disposés sur la rive gauche.

L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est en développement mixte, son site de barrage est situé en amont du cours de cascade Mpoukou, le système d'amenée d'eau pour production d'électricité est dans le corps de la montagne sur la rive gauche, la longueur de la ligne d'amenée d'eau est d'environ 4,5 km, l'usine est installée sur la terrasse à rive gauche en aval du site de barrage, la RN du réservoir est de 420 m, la chute d'eau profitable de production d'électricité est de 150 m et le débit turbiné de production d'électricité est de 135 m³/s. Les ouvrages hydrauliques comprennent : barrage, système d'amenée d'eau, usine à rivage. La capacité installée totale de l'aménagement hydroélectrique est de 180 MW, avec quatre (4) groupes de turbo-alternateurs Francis (arbre vertical) dont la capacité unitaire est de 45 MW.

9.1.- Classement du projet et catégorie d'ouvrages

Le but principal de cet aménagement hydroélectrique en cascade est la production d'électricité, sans autres exigences comme la protection contre les crues, l'irrigation, la navigation, etc., la performance de régulation du réservoir est une régulation annuelle. La surface du bassin versant contrôlée par le site de barrage est de 4320 km², le débit moyen de plusieurs années du site de barrage est de 82,0 m³/s, le volume maximale de réservoir est de 320 Mm³ et la RN de réservoir est de 420 m. Le barrage est prévu d'utiliser un type mixte de barrage en béton à gravité + barrage en enrochement, dont la hauteur maximale est de 55 m, la capacité installée est de 180 MW. Selon les spécifications de Normes de classification et de sécurité de conception pour les ouvrages hydroélectriques (DL 5180-2003), l'échelle du projet

est de la taille grande (II) et la catégorie de travaux est de niveau II ; Les ouvrages principaux tels que les ouvrages de fermeture d'eau de barrage, les tunnels d'amenée d'eau et les usines de l'aménagement hydroélectrique sont de niveau 2, et les ouvrages secondaires tels que la protection des pentes et la protection des rives sont de niveau 3.

9.2.- Dossiers fondamentaux de conception

(1) Critère de crues

Selon les spécifications de Normes de classification et de sécurité de conception pour les ouvrages hydroélectriques (DL 5180-2003) : la CMP de barrage est celle centennale, et la PHEE est celle bimillénale ; La crue pour les ouvrages anti-érosion et de dissipation d'énergie en aval est celle tridécennale.

(2) Intensité sismique

L'accélération maximale du sol dans la zone de travaux ne dépasse pas 0,05 g, l'intensité sismique de base est inférieure au degré VI. Donc le degré VI est pris comme l'intensité sismique de projet.

9.3.- Ouvrages de fermeture d'eau et d'évacuation

Le site de barrage est situé à la tête du groupe de cascades de Mpoukou, et la longueur de retour d'eau de la zone de réservoir est d'environ 60 km. Le cours d'eau au niveau du site de barrage est tortueux et la rivière coule de l'est à l'ouest dans l'ensemble. La cote des sommets de montagnes sur les deux rives est d'environ 500 m. Le niveau d'eau normal sur le site de barrage est de 420,00 m et la largeur de la surface de la rivière est d'environ 80 m. La pente de la rive gauche du site de barrage est de 10°-20°, et la pente diminue progressivement avec l'augmentation de la cote, la pente de la rive et le sommet de la montagne sont couverts par les accumulations meubles résiduelles de Quaternaire, un peu de substratum est exposé et la végétation est dense, principalement la jungle et les arbustes. La pente supérieure de la rive droite est d'environ 15°-30°, couverte par les accumulations meubles de Quaternaire, la végétation est dense et certains substratums sont exposés. Le substratum du lit fluvial au site de barrage est exposé, la plage alluviale est développée sur la rive gauche, dont la largeur est d'environ 200-350 m.

Comme la crête de barrage est assez longue, la pente de rive gauche est assez douce et la pente de rive droite est assez raide, il est prévu d'utiliser le barrage en béton à gravité, la RN est de 425 m, la longueur de crête de barrage est de 200 m, la cote de la crête de barrage est de 423,00 m, la hauteur maximale de barrage est de 55 m. Il y a au total 20 segments du barrage, qui sont respectivement de gauche à droite : 8 segments du barrage non déversant de rive gauche, 2 segments du barrage de pertuis de fond, 4 segments du barrage de pertuis de haut, segments du barrage de débit écologique et 5 segments du barrage non déversant de rive droite ; La prise d'eau de l'aménagement hydroélectrique est disposée à la rive gauche, et l'eau est prise à partir de la rive.

La prise d'eau de l'aménagement hydroélectrique est l'ouvrage de prise d'eau du système d'amenée d'eau de production d'électricité, le segment du barrage est de 20 m de large, deux grilles, le batardeau et la vanne de sécurité sont disposés dans ce segment du barrage. Le tunnel sous pression est en arrière. La cote du fond de la prise d'eau est de 402,00 m. La dimension de l'orifice de grille est de 3 x 5,0 m x 20 m (nombre des orifices x largeur x hauteur), la dimension du pertuis de batardeau est de 8,0 m x 10,0 m (largeur x hauteur), la dimension du pertuis de vanne de sécurité est de 8,0 m x 10,0 m (largeur x hauteur). La grille est opérée et nettoyée par le portique en crête de barrage, le batardeau est ouvert et fermé par le portique en crête de barrage, la vanne de sécurité est ouverte et fermée par le vérin hydraulique.

Les segments du barrage de pertuis de fond sont les ouvrages d'évacuation et de chasse principaux, qui sont disposés tout près du segment du barrage de prise d'eau de l'aménagement hydroélectrique. La largeur du segment du barrage de pertuis de fond est de 20,0 m, avec

quatre (4) pertuis de fond. L'entrée du pertuis de fond est le tube court sous pression, le tunnel d'écoulement à ciel ouvert sans pression est en arrière. La cote de l'entrée est de 400,00 m, et sa dimension est de 6 x 6 m (largeur x hauteur). La dissipation en aval du pertuis de fond est réalisée par l'écoulement de fond. La longueur du bassin de dissipation est de 60,00 m et la profondeur est de 3,0 m. Une vanne de service et un batardeau sont disposés dans le pertuis de fond. La vanne de service est une vanne segment en acier, qui est ouverte et fermée par le vérin hydraulique disposé dans la galerie interne du barrage. Le batardeau est une vanne plate en acier, qui est ouverte et fermée par le portique bidirectionnel en crête de barrage.

Les pertuis en haut se chargent de la mission d'évacuation et de purge. Au total 4 segments du barrage de pertuis en haut, dont la largeur totale est de 80 m. La largeur nette totale des pertuis d'évacuation est de 64,0 m. Le pertuis en haut utilise le mode de fonctionnement déversant libre sans vanne de contrôle, la courbe de surface de déversoir est la courbe WES, la cote de crête du déversoir est de 420,00 m, même niveau que la RN. La dissipation est réalisée par le saut de ski. Un tablier de 15,0 m de long est disposé en aval du barrage.

Cette cascade est un aménagement hydroélectrique mixte, pour diminuer les impacts défavorables sur l'écosystème de la section de rivière entre le barrage et l'usine, un segment du barrage de débit écologique sera disposé. Le débit écologique prévu est de 10% du débit moyen de plusieurs années du site de barrage. Lorsque le débit entrant dans le réservoir est inférieur ou égal au débit d'amenée d'eau de projet de l'aménagement hydroélectrique plus de débit écologique, le débit écologique sera déchargé et le débit restant est pour la production d'électricité. Lorsque le débit entrant dans le réservoir est supérieur au débit d'amenée d'eau de projet de l'aménagement hydroélectrique plus de débit écologique, le débit d'amenée d'eau de projet sera déchargé par l'aménagement hydroélectrique, le restant sera déchargé par le barrage. Le barrage maintient le fonctionnement à RN.

La largeur de segment du barrage de débit écologique est de 20,00 m, la largeur du pertuis est de 3,5 m, la cote de crête du déversoir est de 417,0 m, chaque pertuis est équipé de vanne, qui est opérée par le palan électrique mobile en crête de barrage, muni d'un palonnier automatique. Les deux vannes seront respectivement ouvertes dans la période abondante et la période d'étiage pour évacuer le débit écologique.

Le profil du segment du barrage non déversant du barrage en béton à gravité est en forme triangulaire typique. La partie supérieure de surface amont du barrage est verticale, la H/L de la partie inférieure de surface amont est de 1 : 0,1, la H/L de la surface aval est de 1 : 0,75. Le dépôt de batardeau de pertuis de fond, le dépôt de batardeau de la prise d'eau de l'aménagement hydroélectrique et le dépôt de vanne de service de pertuis de débit écologique sont disposés.

9.4.- Système d'amenée d'eau

L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est en développement mixte, avec l'usine de terre et 4 groupes. La capacité installée totale est de 180 MW, le débit turbiné nominal d'une machine est de 34,5 m³/s, le débit turbiné nominal total est de 135,0 m³/s, la cote de la RN est de 420,00 m, la cote du niveau minimum d'exploitation est de 405,00 m, la chute d'eau nominale est de 140 m. Le système d'amenée d'eau est disposé dans le corps de la montagne à rive gauche. Le mode d'amenée d'eau sous pression est utilisé, 4 machines sont disposées dans un tunnel. Les ouvrages d'amenée d'eau consistent en prise d'eau, tunnel d'amenée d'eau, chambre d'équilibre et tuyau sous pression. La longueur du segment de tunnel d'amenée d'eau est de 4550 m, la longueur du segment de tuyau sous pression est d'environ 450 m. La longueur totale du système d'amenée d'eau est d'environ 5000 m.

Le modèle de prise d'eau est en forme d'évasement. La prise d'eau est disposée près de la rive gauche, la cote en haut de la prise d'eau est de 423,00 m. Selon le calcul avec la formule Golden, la cote du haut de radier de la prise d'eau est prévue de 402,00 m, la cote de fond de fouille est de 380,00 m et la hauteur du segment du barrage de prise d'eau est de 43 m. Le seuil

de garde de sable est disposé en amont de la prise d'eau, la cote du haut de seuil de garde de sable est de 400,00 m. 2 grilles, un batardeau et une vanne de sécurité sont disposés au niveau de la prise d'eau. La dimension de l'orifice de grille est de 3 x 5,0 m x 20,0 m (nombre des orifices x largeur x hauteur), la vitesse de passage d'eau dans la grille sous le débit nominal est de 0,61 m/s ; la dimension du pertuis de batardeau est de 8,0 m x 10,0 m (largeur x hauteur), la vitesse d'écoulement d'eau sous le débit nominal est de 1,73 m/s ; la dimension du pertuis de vanne de sécurité est de 8,0 m x 10,0 m (largeur x hauteur), la vitesse d'écoulement d'eau sous le débit nominal est de 1,73 m/s.

Le tunnel d'amenée d'eau est en aval de la prise d'eau, la longueur totale du tunnel est de 5000 m, le diamètre interne est de 9,0 m, la cote de la ligne médiane du tunnel à l'entrée est de 402,25 m, la cote de la ligne médiane du tunnel au bout du tunnel d'amenée d'eau est de 397,75 m, la pente longitudinale moyenne est de 1‰. Le tunnel d'amenée d'eau comprend aussi le segment de soutènement par l'injection et l'ancrage et le segment de revêtement en béton armé. Pour le segment au niveau de roches encaissantes de catégorie II-III et l'épaisseur de couverture minimale de massif rocheux peut répondre aux exigences sur le tunnel sous pression non revêtu, le soutènement par l'injection et l'ancrage sera appliqué sur 240° de voûte de haut, le revêtement en béton de propreté de 0,3 m d'épaisseur sera appliqué sur 120° de voûte de fond. Après la mise en œuvre de soutènement et de revêtement, le diamètre interne du profil circulaire du tunnel est de 9,0 m, la vitesse d'écoulement moyenne dans le tunnel sous le débit nominal est de 2,17 m/s ; pour le segment au niveau de roches encaissantes de catégories IV et V et la profondeur du tunnel est assez faible, le soutènement par l'injection et l'ancrage + revêtement en béton armé de 0,5 m d'épais seront appliqués pour le premier traitement, et puis, l'injection de remplissage sera appliquée sur la voûte de haut, et l'injection de consolidation sera appliquée selon l'état géologique de roches encaissantes. Après la mise en œuvre de revêtement, le diamètre interne du profil circulaire du tunnel est de 9,0 m, la vitesse d'écoulement moyenne dans le tunnel sous le débit nominal est de 2,17m/s.

Une chambre d'équilibre cylindre de type simple et ouverte est disposée au bout du tunnel d'amenée d'eau. Le diamètre interne de la chambre d'équilibre est de 20 m, la cote du radier est de 395,5 m, la cote de haut est de 430,00 m, la hauteur de la chambre est de 34,5 m. Le corps du puits est protégé par le soutènement par l'injection et l'ancrage + le revêtement en béton armé, l'épaisseur de revêtement est de 1,5 m, l'injection de consolidation sera appliquée selon l'état de roches encaissantes de corps du puits.

Le tuyau sous pression est en aval de la chambre d'équilibre, le tuyau sous pression comprend le tube principal, le tube de raccordement et le tube de branchement. Le diamètre interne du tube principal de tuyau sous pression est de 7,0 m, la longueur est de 450 m, la cote du centre au bout de tronçon supérieur est de 397,75 m, la cote du centre de tronçon inférieur est de 305,00 m, les deux tronçons sont connectés par le puits vertical. Le remblai en béton de propreté de 0,6 m d'épaisseur est mis à l'extérieur du blindage, l'injection de remplissage est appliquée sur 120° de voûte de haut, l'injection de contact est appliquée au fond. Le blindage est prévu pour le tube de raccordement et le tube de branchement. Le tube de raccordement en en forme Y, le tube de branchement est connecté derrière le tube de raccordement en acier pour entrer dans l'usine en plein air. Le diamètre du tube principal de tube de raccordement en acier est de 7,0 m, le diamètre du tube de branchement est de 3,6 m. Le tube principal, le tube de raccordement et le tube de branchement sont tous en acier Q345R pour récipient sous pression.

9.5.- Ouvrages hydrauliques dans la zone d'usine

L'usine à rivage se situe sur la terrasse à rive gauche environ de 4,5 km en aval du site de barrage de Mpoukou. Les ouvrages dans la zone d'usine sont en disposition concentrée, l'usine de l'aménagement hydroélectrique consiste en usine principale, bâtiment technique de l'usine, local de montage, local de transformateur principal, local GIS et zone de stationnement. La dimension prévue de l'usine principale est de : 90 m x 21 m x 42m (longueur x largeur x hauteur), quatre (4) groupes turbo-alternateurs Francis (arbre vertical) sont disposées, la chute d'eau

nominale est de 145 m, le débit turbiné nominal d'une machine est de 34,5 m³/s et le débit turbiné nominal total est de 135 m³/s, la capacité unitaire est de 45 MW et la capacité installée totale est de 180 MW. L'usine principale comprend la section du groupe et le local de montage. La longueur de la section du groupe est de 66,0 m et la longueur du local de montage est de 24,0 m. Le local de montage est disposé à droite de l'usine principale, la cote du plancher du local de montage et la cote de l'étage d'alternateurs de halle de machine sont de 275,0 m, la cote de montage du groupe est de 305,0 m, la cote du radier de l'aspirateur est de 250,0 m. Le local de transformateur principal est disposé parallèlement en amont de l'usine principale, le local GIS et la plate-forme de départ sont disposés parallèlement en haut du local de transformateur principal. Le canal de restitution de l'aménagement hydroélectrique est lié au lit fluvial à travers la section en pente inverse à H/L1:4. Le revêtement de radier du canal de restitution est en béton armé. Le bâtiment technique de l'usine est disposé à l'extrémité droite de l'usine principale, ce bâtiment est en structure de cadre à 3 étages.

Pour faciliter l'accès à l'usine, la circulation d'accès de l'usine commence par le côté gauche de l'aire d'installation, la zone de stationnement est disposée à gauche du local de montage. Il faut disposer les escaliers et les galeries de sécurité dans l'usine principale et dans le bâtiment technique de l'usine de l'aménagement hydroélectrique selon les exigences sur la circulation, la protection contre l'incendie et la sécurité.

9.6.- Quantités des travaux de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

Tableau 9.1 - Etat récapitulatif des quantités des travaux de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

Item	Unité	Barrage	Système d'amenée d'eau	Usine	Au total
Terrassement et dérochement en plein air	10 ⁴ m ³	56,50	1,10	32,80	90,40
Remblayage du corps de barrage	10 ⁴ m ³	121,40		2,20	123,60
Dérochement souterrain	10 ⁴ m ³		98,60		98,60
Béton	10 ⁴ m ³	36,70	12,50	9,80	59,00
Projection de béton	10 ⁴ m ³		2,80	0,80	3,60
Armature	10 ⁴ t	3,90	1,30	1,10	6,30
Acier	10 ⁴ t	0,15	0,20	0,10	0,45
Injection de voile	10 ⁴ m	0,65			0,65
Injection de consolidation	10 ⁴ m	0,65			0,65
Tige d'ancrage	10 ⁴ barres	0,16	1,50	0,12	1,78

10.- Equipements électromécaniques et équipements HEM et travaux de transmission de l'aménagement hydroélectrique de Mpoukou

L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est l'aménagement hydroélectrique de première cascade dans le programme de développement en cascade du bassin versant, dont la capacité installée totale est de 180 MW.

10.1.- Partie hydromécanique

La chute d'eau nominale prévue de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est de 140 m, il est recommandé d'utiliser la turbine Francis (arbre vertical). Compte tenu de différents débits entrants dans la saison humide et la saison sèche au lieu du projet, en considérant l'harmonisation entre la puissance du groupe et le débit ainsi que les exigences sur la flexibilité d'exploitation, il est prévu d'installer quatre (4) turbines dans cette phase.

(1) Paramètres principaux de turbine

Modèle de Francis (arbre vertical)

Nombre	4
Chute d'eau nominale	140 m
Type de turbine	HL146-LJ-220
Diamètre nominal de roue D1	2,20 m
Puissance nominale Ntr	46,5 MW
Vitesse de rotation nominale nr	375 r/min
Débit nominal Qr	34,5 m ³ /s
Rendement nominal η_{tr}	92,5%
Vitesse spécifique nominale ns	145,5 m·kW
Coefficient de vitesse spécifique au point nominal K	1990
Hauteur d'aspiration Hs	-5.5m
Poids total estimé d'une turbine	~105 t

(2) Paramètres principaux de turbo-alternateur

Type	SF60-16/1465
Nombre	4
Capacité nominale Ng	45 MW
Vitesse de rotation nominale nr	375 r/min
Rendement nominal $\eta\%$	97,5%
Poids total estimé d'un turbo-alternateur	~310 t

(3) Disposition des équipements principaux de la partie hydromécanique

Il s'agit d'un aménagement hydroélectrique avec le système d'amenée d'eau. L'usine principale comprend la section du groupe et l'aire d'installation. La longueur de la section du groupe est de 66,0 m et la longueur de l'aire d'installation est de 24 m. La portée de l'usine est de 21 m.

Selon la disposition de l'usine actuelle, il est prévu de disposer le réservoir d'huile de turbine et le local de traitement d'huile, le compresseur d'air, le local de réservoir d'air et le local de pompes de vidange et de drainage dans l'étage de turbines au-dessous de l'aire d'installation.

(4) Liste des équipements principaux de la partie hydromécanique

Tableau 8-34 Liste des équipements principaux de la partie hydromécanique de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

N°	Désignation d'équipement	Item	Spécification	Unité	Quantité
1	Groupe de turbo-alternateur	Turbine	HL146-LJ-220, D1=2.20m. nr=375 r/min, Ntr=46.5 MW	U/Jeu	4
		Régulateur	Diamètre de l'accessoire principal de 80 mm pour le régulateur électro-hydraulique PID	U/Jeu	4
		Dispositif de régulation d'huile	6,3Mpa, 4.0m ³	U/Jeu	4
		Eléments automatisés		U/Jeu	4
		Alternateur	SF45-16/1465, Ng=45MW, $\eta=97,5\%$, nr=375 r/min	U/Jeu	4
2	Soupape d'admission d'eau	(y compris les équipements annexes)	Vanne papillon à commande hydraulique DN3600, PN2,5MPa	U/Jeu	4
3	Pont roulant de l'usine principale	Pont roulant à mono chariot	200 50/10 t, portée de 21 m	U/Jeu	1
4	Système d'équipements auxiliaires			U	1

10.2.- Partie électrique primaire

La capacité installée de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est de 180 MW, avec quatre (4) groupes turbo-alternateurs dont la capacité unitaire est de 45 MW. L'énergie électrique produite par l'aménagement hydroélectrique planifié sera transmise par 2 lignes de départs avec la tension de classe I de 220 kV. L'énergie électrique est transmise au nouveau poste du système de 220 kV de Bikongo via l'Aménagement hydroélectrique de Bikongo en aval, et puis mis en réseau électrique de l'ouest. Il est prévu d'utiliser le conducteur AAC2×228 pour la ligne de transmission de 220 kV de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou, la longueur de transmission est d'environ 48 km.

Il est recommandé de prendre 13,8 kV pour la tension nominale de turbo-alternateur et de disposer le GCB. Il est recommandé d'utiliser la connexion un alternateur-un transformateur pour la combinaison d'alternateur et transformateur principal, de disposer 4 arrivées de transformateur principal et 2 départs à côté 220 kV et d'utiliser la connexion avec double jeu de barres. Le transformateur élévateur triphasé, à double bobine, refroidi à l'air, avec bobine en cuivre, de puissance réglable sans excitation, dont la capacité nominale est de 60 MVA sera utilisé pour le transformateur principal. Il est prévu d'utiliser l'équipement électrique combiné isolé par SF6 (GIS) avec le courant nominal de 2 000 A et le courant de coupure nominal de 50 kA pour l'équipement de commutation de 220 kV.

Tableau 10.1 - Liste des équipements principaux de la partie électrique primaire de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

N°	Désignation d'équipement	Spécification	Quantité	Unité	OBS
1	Disjoncteur spécial pour l'alternateur	15kV,5000A,50kA	4	Jeu	
2	Transformateur principal	SF11-56000/220TH,242±2X2.5%/13.8kV, YN,d11	4	U/Jeu	Avec les équipements de point neutre
3	220kV GIS	252kV, 2000A,50kA	9	Travées	
N°	Désignation d'équipement	Spécification	Quantité	Unité	OBS
4	Système d'électricité de poste		1	Jeu	Y compris la transformateur de poste, le dispositif de distribution d'électricité à basse tension, les câbles électriques, etc.
5	Système d'éclairage		1	Jeu	
6	Système de mise à la terre		1	Jeu	
7	Ligne aérienne	220kV, double terna sur le même pylône. conducteur de AAC2 × 228	48	km	Mpoukou-Bikongo
8	Autre				

10.3.- Partie électrique secondaire et télécommunication

(1) Partie électrique secondaire

L'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou est conçu selon le principe de fonctionnement de peu de personnes en garde, avec le système de surveillance complètement informatisé dont la structure est hiérarchique et distribuée. Le niveau de surveillance centralisée, le niveau de surveillance de l'aménagement et le niveau de l'unité de contrôle locale sont respectivement installés. Le niveau de surveillance de l'aménagement hydroélectrique se charge de la surveillance centralisée de tout l'aménagement hydroélectrique ; le niveau de l'unité de contrôle local se charge de l'acquisition de données et la surveillance en temps réel des groupes, des équipements auxiliaires, des équipements de commutation et des vannes de l'aménagement

hydroélectrique. Le niveau de surveillance centralisée est disposé dans le poste du système de Mpoukou.

Le système d'excitation d'alternateur de l'aménagement hydroélectrique est le système d'excitation statique d'auto-excitation, muni de pont à thyristors.

Selon les spécifications, l'aménagement hydroélectrique est équipé de système de protection de relais pour les équipements correspondants, il s'agit principalement : la protection d'alternateur et la protection de transformateur d'excitation, la protection de transformateur, la protection de jeu de barres de 220 kV, la protection de ligne de 220 kV, la protection de transformateur de poste et le dispositif de sécurité automatique, etc.

L'alimentation électrique pour l'opération, la commande et la protection de l'aménagement hydroélectrique est à CC 220 V.

(2) Système de télécommunication

Télécommunication sur la gestion de production dans l'usine : afin d'assurer la télécommunication dans l'aménagement hydroélectrique, la télécommunication sur la gestion de production dans la zone de réservoir et la télécommunication dans la zone de vie, l'aménagement hydroélectrique est équipé d'un commutateur programmable (administration et dispatching intégrés), la capacité est de 150 lignes, avec un jeu d'équipements auxiliaires et les interfaces d'équipement de télécommunication optiques. La télécommunication sur la gestion de production dans l'usine doit aussi répondre aux exigences du centre de contrôle centralisé sur le dispatching, le contrôle et la gestion.

Télécommunication du système électrique : selon la situation du système d'accès et le mode de départ, il est prévu d'utiliser provisoirement la conception ci-dessous avant de concevoir le système d'accès et de modifier après avoir conçu le système d'accès. Il est prévu de poser un câble optique OPGW à 24 âmes et un jeu d'équipements de télécommunication optique pour chaque ligne de 220 kV.

Télécommunication à l'extérieur : la télécommunication au réseau public est assurée par la connexion entre le commutateur programmable et le département de télécommunication local via le relais.

Alimentation électrique de télécommunication : un jeu de système d'alimentation à courant continu sera disposé dans l'aménagement hydroélectrique pour les équipements de télécommunication. Il comprend : le pupitre de distribution CA, le pupitre de distribution CC, l'alimentation de commutation HF et l'alimentation UPS.

Système de surveillance vidéo : pour que le personnel de gestion et d'exploitation de chaque niveau puisse connaître en temps réel la situation dans l'ouvrage hydraulique et l'aménagement hydroélectrique, et pour diminuer le personnel en garde, il est prévu de disposer un jeu de système de surveillance vidéo dans cet aménagement hydroélectrique.

Tableau 10.2 - Liste des équipements principaux de la partie électrique secondaire et de télécommunication de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

N°	Désignation d'équipement	Spécification	Quantité	Unité	OBS
I	Partie électrique secondaire				
1	Système de surveillance informatique	Y compris les équipements de niveau de surveillance d'aménagement et de niveau de contrôle local	1	U	
2	Système de protection de relais	Y compris la protection d'alternateur, la protection de transformateur principal, la protection de ligne, la protection de jeu de barres, la protection de transformateur de poste et autres dispositifs de sécurité automatiques, etc.	1	U	
3	Système de courant continu	DC220V	1	U	
4	Système d'excitation		4	Jeu	
5	Système de contrôle auxiliaire de l'aménagement hydroélectrique		1	U	
6	Système de contrôle de ventilation		1	Jeu	
7	Système d'alarme d'incendie automatique		1	Jeu	
8	Autre		1	U	
II	Système de télécommunication				
1	Télécommunication dans l'aménagement		1	U	
2	Mise en réseau du système de télécommunication	2 lignes de départ de 220 kV	1	U	
3	Télécommunication à l'extérieur		1	U	
4	Alimentation électrique de télécommunication		1	Jeu	
5	Système de surveillance vidéo		1	Jeu	
6	Autre		1	U	

10.4.- Equipements HEM

Les équipements HEM de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou sont principalement installés aux niveaux de système d'évacuation de crues, de système de débit écologique et de système d'amenée d'eau de production d'électricité.

(1) Système d'évacuation de crues.

Au barrage, il est prévu 2 pertuis de fond pour l'évacuation de crues, et 2 vannes segments de service et 2 jeux de vérin hydraulique seront disposés. En amont de chaque vanne de service segment, il est prévu une rainure de batardeau, et un batardeau sera disposé pour les deux (2) pertuis. Le batardeau est opéré par un portique bidirectionnel en crête de barrage.

(2) Système de débit écologique.

Au barrage, il est prévu 2 pertuis de débit écologique, chaque pertuis est équipé d'une vanne à batardeaux, au total 2 vannes à batardeaux, qui sont opérées par un palan électrique mobile.

(3) Système d'amenée d'eau de production d'électricité.

En concordance avec la disposition des ouvrages hydrauliques, 3 rainures de grille sont prévues devant l'entrée du tuyau d'amenée d'eau de barrage, et trois (3) grilles de la prise d'eau seront disposées. En amont de chaque rainure de grille, il est prévu une rainure de grille de révision où est disposé un jeu de grille de révision en réserve. De plus, la rainure de grille de révision peut aussi être utilisée comme la rainure de guide de dégrilleur. Les grilles sont ouvertes et fermées par le bras tournant du portique bidirectionnel en crête de barrage, et nettoyées par le dégrilleur. En aval de grille à l'entrée de tunnel d'amenée d'eau, il est prévu une rainure de batardeau, et un batardeau sera disposé. Le batardeau est aussi ouvert et fermé par le portique bidirectionnel en crête de barrage. En aval de batardeau, à l'entrée de tube d'acier sous pression, il est prévu une vanne de sécurité rapide et un jeu de vérin hydraulique sera disposé pour l'opération de cette vanne. Pour la sortie d'eau aval de l'aménagement hydroélectrique, un pertuis est prévu pour un groupe, donc 4 rainures de vanne aval sont prévues pour 4 groupes, et 2 vannes aval seront disposées. Un portique unidirectionnel sera disposé au-dessus de la plate-forme aval pour l'ouverture et la fermeture de vanne aval.

11.- Matériaux de construction naturels pour l'aménagement hydroélectrique de Mpoukou

Les matériaux en terre et en pierre de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou proviennent d'une même carrière, qui est à environ 3 km du site de barrage, avec une superficie de 0,5 km². Les matériaux en terre sont l'argile à faible limite de liquidité dans la partie supérieure de la carrière, avec des réserves de 3,0 Mm³. Les matériaux en pierre sont le grès sous-jacent dans la partie inférieure de la carrière, avec des réserves de 9,00 Mm³. Selon le jugement préliminaire, les réserves et la qualité des matériaux en terre et en pierre de la carrière peuvent répondre aux exigences. La carrière a de bonnes conditions d'exploitation et un transport pratique.

11.1.- Généralités des travaux de l'aménagement hydroélectrique de Mpoukou

L'Aménagement hydroélectrique en cascade de Mpoukou adopte le développement mixte, avec la ligne d'amenée d'eau de longueur d'environ 5,0 km, la RN du réservoir de 420 m, le débit turbiné de 135 m³/s, la capacité installée de l'Aménagement hydroélectrique de 180 MW, le volume de régulation de 320 millions de m³, et la hauteur maximale de barrage de 55 m.

Selon les spécifications de Normes de classification et de sécurité de conception pour les ouvrages hydroélectriques (DL5180-2003), l'échelle de travaux est de taille moyenne et la catégorie de travaux est de troisième niveau ; Il est constitué principalement des ouvrages de fermeture d'eau, du système d'amenée d'eau, de l'usine de l'aménagement hydroélectrique et les travaux de transmission, etc.

11.2.- Dérivation de l'exécution

Conformément aux spécifications de DL/T5397-2007 Norme de conception d'organisation d'exécution pour les travaux hydroélectriques, la classe des ouvrages de dérivation de ce projet est déterminée en classe 5.

La dérivation de l'exécution de la zone de barrage sera réalisée par des méthodes de dérivation telles que le blocage du lit fluvial avec le batardeau, la dérivation de tunnel et l'exécution du fond de fouille pendant toute l'année. La dérivation de l'exécution du corps de barrage sera réalisée en adoptant le critère de CMP quinquennale pour toute l'année, avec le débit correspondant d'environ 247m³/s.

Sous la condition que la berge rocheuse est réservée pour la fermeture d'eau, le programme de construction pendant toute l'année est à considérer de manière préliminaire pour l'usine de l'aménagement hydroélectrique, en adoptant le critère de fermeture d'eau quinquennale pour toute l'année, avec le débit correspondant d'environ 255 m³/s.

Tableau 11.1 - Tableau des quantités des travaux de dérivation pour l'exécution de l'Aménagement hydroélectrique de Mpoukou

N°	Item	Unité	Zone de barrage			Zone d'usine	Au total	OBS
			Batardeau en amont	Tunnel (blocage inclus)	Batardeau en aval	Batardeau en remblai		
1	Remblayage en terre-pierre	m ³	17935	6327	4594	2851	31707	
2	Protection de talus en rip-rap	m ³	2801	1081	753		4635	
3	Terrassement	m ³		15144			15144	
4	Dérochement souterrain	m ³		46297			46297	
5	Protection de gabion en fil de plomb	m ³		14474		323	14797	épaisseur de 0,5 m
6	Démolition de gabion en fil de plomb	m ³		14474			14474	
7	Démolition de terre-pierre deatardeau	m ³	20737		5347		26084	

11.3.- Exécution du gros-œuvre

(1) Barrage à gravité en béton

La grue chenillée de 50 t et le portique DMQ540/30 sont utilisés comme les matériels principaux pour l'entrée du béton dans le silo, le camion-benne de 10 t pour le transport du béton et le vibreur électrique enfichable de 2,2 kW pour la vibration.

Le bulldozer de 132 kW est utilisé lors du terrassement du barrage pour la collection des déblais, le chargeur de 2 m³ pour l'évacuation des débris avec le camion-benne de 20 t.

Lors du dérochement, la perceuse pneumatique à main et le marteau fond-de-trou sont utilisés pour le forage, et l'excavation doit être exécutée couche par couche de haut en bas. Lors de l'excavation du talus, l'explosion de pré-fissure est adoptée. La couche de protection est réservée au fond de fouille et les matériels pour l'évacuation des déblais sont identiques à ceux pour le terrassement.

L'extractrice de 2 m³ et le camion-benne de 20 t sont utilisés pour le remblayage, le bulldozer de 74 kW pour l'étalement et le compacteur pneumatique pour le compactage. L'extractrice de 2 m³ et le camion à benne de 20 t sont utilisés pour le remblayage des enrochements, le bulldozer de 74 kW pour l'étalement et le compacteur à vibration pour le compactage.

(2) Tunnel d'amenée d'eau

Le tunnel d'amenée d'eau est constitué du tronçon plat supérieur, du tronçon plat inférieur et du puits vertical, et le diamètre de la section circulaire après le support (ou le revêtement) est de 9,0 m. Le soutènement en béton projeté sur la voûte de côté haut est adopté pour la roche encaissante de catégorie II et III, et le revêtement en béton armé d'épaisseur de 0,4 m est adopté pour le radier. Le revêtement en béton de 0,5 m est adopté pour la roche encaissante de catégorie IV, et celui de 0,7 m pour la roche encaissante de catégorie V.

La longueur d'un plan d'excavation du tunnel d'amenée d'eau est contrôlée à environ 1 250 m, le véhicule à étagère et la perceuse pneumatique à main sont utilisés pour le forage du trou d'amenée d'eau. L'excavation est exécutée sur toute la section et le dynamitage lisse est adopté à la périphérie. Le chargeur rocheux aux dents levés LZT120 est utilisé pour charger les débris, le bogner mécanique mobile porté pour le transport des débris, le chargeur de 2 m³ et le camion-benne de 10 t pour évacuer les débris hors du trou jusqu'à la décharge.

La perceuse pneumatique à main de type QY-30 est utilisée pour le forage du puits vertical et le puits pilote de la chambre d'équilibre, les débris sont évacués manuellement, la perceuse pneumatique à main de type QY-30 est utilisée pour l'extension du trou, le dynamitage lisse est adopté à la périphérie, et l'évacuation des débris est identique à celle du trou d'amenée d'eau.

Lors du bétonnage du tunnel d'amenée d'eau, le cyclo-draisine de moule d'acier est utilisé pour le coffrage, le camion-citerne à béton de 3 m³ pour le transport du béton dans la trémie et puis, la pompe à béton (30 m³/h) pour la transmission du béton dans le silo.

(3) Usine d'aménagement hydroélectrique

Lors du terrassement, l'excavatrice de 2 m³ est utilisée pour l'excavation, le bulldozer de 132 kW pour évacuer les matériaux en terre réutilisables à l'aire de mise en dépôt provisoire, et le camion-benne de 20 t pour le transport des restes à la décharge.

Lors du dérochement, la méthode à explosion et forage est adoptée pour l'activation, le marteau fond-de-trou de type 100 pour le forage, avec l'explosion après branle. Les débris de gravier à utiliser pour le remblai sont déposés à côté, et les débris restants d'explosion sont chargés par l'excavatrice de 2 m³ et transportés à la décharge par le camion-benne de 20 t.

Le béton utilisé pour l'usine est fabriqué par la centrale à béton HZS60 installée dans la zone de construction de la zone d'usine. Le camion-citerne à béton de 6 m³ est utilisé pour le transport du béton au chantier, 1 portique DMQ540/30 pour lever une citerne de 3 m³ dans le silo, 1 camion-grue de 25 t pour assister la construction, et le vibreur enfichable pour la vibration.

11.4.- Implantation générale d'exécution de travaux

Comme la ligne d'amenée d'eau est assez longue, l'implantation d'exécution de travaux est relativement concentrée, et il y a la zone de construction en tête, la zone de construction de trous de branche et la zone de construction de zone d'usine.

La zone de construction en tête profite principalement le terrain plat en pente sur la rive gauche du site de barrage, la zone de construction de trous de branche profite principalement le terrain plat en pente près des entrées des trous de branche, et la zone de construction de la zone d'usine profite principalement le terrain plat en pente près du puits de régulation de pression. La terrasse en aval sur la rive gauche du site de barrage peut servir de la décharge et de la mise en dépôt des débris après l'excavation de l'ouvrage hydraulique en tête. Les débris après l'excavation du système d'amenée d'eau peuvent être déposés dans le ravin près de l'entrée du trou de branche intéressé. Les débris après l'excavation de l'usine peuvent être déposés dans le ravin près du site d'usine.

11.5.- Avancement général d'exécution de travaux

Le délai total d'exécution de travaux est de 60 mois, dont 9 mois pour la période de préparation (6 mois pour la période de préparation nette), 45 mois pour le délai d'exécution de travaux de gros œuvre, 6 mois pour l'achèvement de construction, 54 mois pour le délai de la mise en service du premier groupe.

Le chemin critique de l'exécution de travaux est : construction de routes dans la zone → construction des trous de branche de tunnel d'amenée d'eau → blocage des trous de branche de tunnel d'amenée d'eau → mise en service et couplage au réseau du premier groupe.