



Agence Nationale
pour la Promotion des
Investissements



MANUEL DE MONTAGE DES PROJETS DES MICROCENTRALES HYDROELECTRIQUES EN R.D.CONGO

MANUEL DE MONTAGE DES PROJETS DES MICROCENTRALES HYDROELECTRIQUES EN R.D.CONGO

LISTE DES SIGLES ET ACRONYMES

AME	Accords Multilatéraux en matière d'Environnement
ANAPI	Agence Nationale pour la Promotion des Investissements
ANSER	Agence Nationale pour le Service d'Energie Rurale
ARE	Autorité de Régulation de l'Energie
BT	Basse Tension
CNE	Commission Nationale de l'Energie
DIES	Diagnostic d'Impact Environnemental et Social
EDC	Electricité du Congo
EIES	Etude d'Impact Environnemental et Social
GWh	Gigawatt Heure
GPS	Global Positioning System
HT	Haute Tension
Hz	Hertz
kV	Kilovolt
kW	kilowatt
kWh	Kilowatt heure
l/sec	litre par seconde
MCH	Micro et Mini Centrales Hydroélectriques
MERH	Ministère de l'Energie et des Ressources Hydrauliques
MT	Moyenne Tension
MW	Mégawatt
MWh	Mégawatt heure
ONU	Organisation des Nations Unies
PGES	Programme de Gestion environnemental et social
PMCES	Plan de mise en conformité environnemental et social
PMI/PME	Petite et Moyenne Industrie/Petite et Moyenne Entreprise
PNUD	Programme des Nations Unies pour le Développement
RDC	République Démocratique du Congo
RE	Responsable environnemental
SFI	Société Financière Internationale
SNEL	Société Nationale d'Electricité
STS	Société de Techniques Spéciales
TW	Térawatt
V	Volt
W	Watt

EDITORIAL



La RDC est dotée de ressources énergétiques naturelles abondantes et variées (hydroélectricité, biomasse, solaire, hydrocarbures gazeux, résidus agricoles, etc.). A lui seul, le potentiel hydroélectrique est estimé à plus de 100 000 MW dont seuls 2 500 MW sont installés.

De ce fait, la situation du secteur de l'électricité en RDC est très alarmante et caractérisée par : un très faible taux de couverture géographique, des taux disparates de pénétration et d'accès à l'électricité au détriment des catégories socioéconomiques les plus défavorisées, un faible effet d'entraînement sur l'économie nationale, etc.

Le taux de desserte en électricité présente des disparités notables entre les différentes provinces du pays d'une part, et d'autre part entre les zones urbaines et les zones économiques comprenant les sites industriels et miniers (35%) et les centres ruraux et périurbains (1%)¹. Il s'ensuit que plus de la moitié des entreprises opérant sur le territoire national recourent à des groupes électrogènes pour couvrir au moins 50% de leurs besoins en énergie électrique.

Le Gouvernement de la RD. Congo qui tient à relever le taux de desserte en électricité, estimé entre 18% et 50% en 2023, a adopté, en décembre 2019, en Conseil des Ministres, le Plan National Stratégique de Développement (PNSD) dont l'énergie est inscrit parmi les secteurs retenus dans le quatrième pilier portant sur l'aménagement du territoire, reconstruction et modernisation d'infrastructures.

L'investissement dans les microcentrales hydroélectriques est un atout nécessaire pour l'industria-

¹ Ministère des Ressources Hydrauliques et Electricité, Atlas des Energie Renouvelables, PNUD/SNRV 2016

lisation future à cause d'une demande énergétique importante aussi bien pour les ménages que pour l'activité économique à travers tout le territoire national à cause de la faible couverture de l'électricité et également une rentabilité garantie à cause du prix de vente de l'électricité fixée avec une marge bénéficiaire de 20% sur le cout du revient de l'électricité produite.

L'Atlas des énergies renouvelables de la RDC, produit par le Ministère de l'Energie et des Ressources hydrauliques de la RDC avec l'appui des partenaires extérieurs, dans son édition de janvier 2016 a répertorié près de 10 000 MW de potentiel hydroélectrique propice aux microcentrales hydroélectriques repartis sur 890 sites situés dans les 145 territoires de la RDC avec 245 fiches de projets qui couvrent plusieurs dizaines de milliers de villages.

Ces énormes potentialités combinées aux innovations introduites par la nouvelle Loi n°14/011 du 17 juin 2014 sur l'électricité, consacrant la libéralisation non seulement de la production, du transport, de la distribution ainsi que de la commercialisation de l'énergie électrique offrent des opportunités d'affaires intéressantes dans ce secteur.

Le présent Manuel de montage des projets des microcentrales hydroélectriques en RDC détermine la marche à suivre pour la réalisation des différentes études requises.

Dans le cadre du présent manuel, par Microcentrale hydroélectrique nous attendons une centrale hydroélectrique ayant une puissance inférieure à 10 000 kW ou 10 MW, car les informations contenues ici ne peuvent s'appliquer qu'aux centrales de cette gamme de puissance.

Selon la nouvelle législation congolaise, ces genres d'installations sont assujettis au régime juridique de concession car les sites de productions hydroélectriques font parties du domaine public de l'Etat.

En outre, les prescrits de l'article 3 de la Loi n°004 /2002 du 21 février 2002 portant Code des Investissements permet à l'investisseur dans ce domaine de bénéficier entre-autre des avantages suivants :

- Exonération de l'impôt professionnel sur les revenus (impôt des sociétés) ;
- Exonération de l'impôt foncier ;
- Exonération totale des droits d'entrée des équipements et autres matériels (neufs) et ce, à l'exclusion de la taxe administrative de 2% ;
- Exonérations des droits proportionnels;
- Exonération des droits de sortie des produits finis ;
- Exonération de la TVA à l'importation pour les équipements et matériels en rapport avec les projets de création ;
- Etc.

Enfin, l'existence de l'Agence Nationale pour la Promotion des Investissements, ANAPI en sigle, qui offre un service d'accueil pour faciliter et accompagner les investisseurs dans tous les cycles du projet est un gage de réussite dans le secteur.

« Avec l'ANAPI, bien investir pour une RD Congo prospère ».

Anthony NKINZO Kamole
Directeur Général.

1. GENERALITES SUR LES MICROCENTRALES HYDROELECTRIQUES

1.1. TECHNOLOGIE DES MICROCENTRALES HYDROELECTRIQUES

1.1.1. Définition

Une microcentrale hydroélectrique est une installation de production énergétique transformant l'énergie hydraulique d'un cours d'eau en énergie électrique par certains procédés. La terminologie en usage au Ministère de Ressources Hydrauliques et de l'Electricité de la RDC, notamment dans son « Atlas des énergies renouvelables » est la suivante :

- Pico centrale : une centrale de 0 à 20 kW ;
- Microcentrale : une centrale de 21 à 500 kW ;
- Mini centrale : une centrale de 501 à 2000 kW ;
- Petite centrale : une centrale de 2001 à 10 000 kW ;
- Grande centrale : une centrale de plus de 10 000 kW.

1.1.2. Principe de Fonctionnement

Il s'agit de capter la force motrice de l'eau pour produire de l'électricité. L'eau accumulée dans les barrages ou dérivées par les prises d'eau, constitue une énergie potentielle disponible pour entraîner en rotation la turbine. L'énergie hydraulique se transforme alors en énergie cinétique puis en énergie mécanique. Cette turbine accouplée mécaniquement à un générateur (alternateur) l'entraîne en rotation afin de convertir l'énergie mécanique en énergie électrique.

La puissance disponible résulte de la conjonction de deux facteurs :

- La hauteur de la chute et
- Le débit du cours d'eau

Les deux facteurs sont indispensables pour la récupération de l'énergie hydraulique disponible et dépendent directement de la topographie du site à exploiter. Ils doivent faire l'objet d'études préalables pour déterminer le projet d'aménagement.

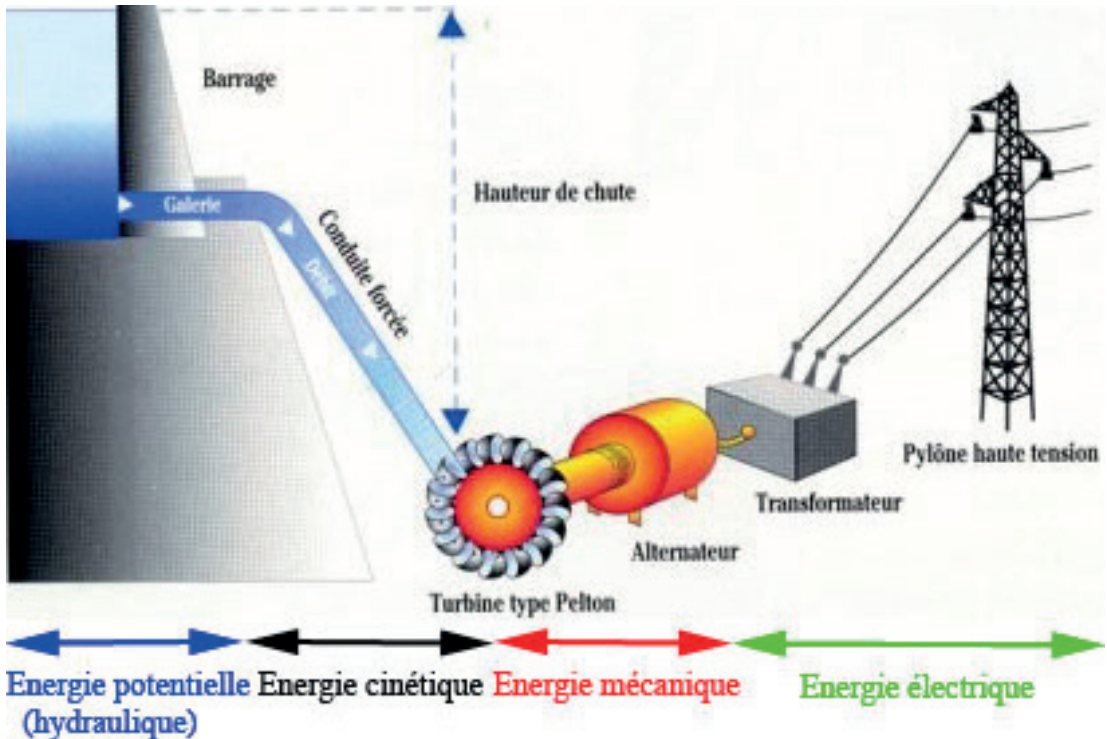


Figure 1 : Schéma de transformation d'énergies dans une MCH (source : anonyme sur le web)

1.1.3. Différentes Composantes d'une Microcentrale Hydroélectrique

Une microcentrale hydroélectrique est composée de quatre éléments principaux qui sont :

- Les ouvrages de prise d'eau (digue, barrage),
- Les ouvrages d'amenée et de mise en charge (canal d'amenée, conduite forcée),
- Les équipements de production (turbines, générateurs, systèmes de régulation) et
- Les ouvrages de restitution (canal de fuite)

Les équipements de production constituent le cœur des microcentrales hydroélectriques, et différents types de turbines existent, s'adaptant chacun à un régime particulier.

1.1.3.1. Les ouvrages de prise d'eau

La forme et les dimensions de cet ouvrage sont adaptées à la nature du terrain ou à la conformation du lit du cours d'eau. Il est construit en enrochements, en gabions, en terre en maçonnerie ou en béton. Il peut parfois tirer parti des faciès naturels et ne nécessite aucun aménagement.

La prise d'eau peut également être installée sur un canal d'irrigation ou sur une ad-
duction d'eau potable.

1.1.3.2. Les ouvrages d'aménée et de mise en charge

Un canal d'aménée en terre ou en béton et la conduite forcée le plus souvent en acier ou en polyéthylène qui dirige l'eau vers la centrale. Le canal est muni d'une grille qui retient les corps charriés par le cours d'eau. Un dessableur favorise le dépôt des particules avant l'entrée dans l'installation.

Un système de vannes répond à différentes utilisations : protection contre les crues, isolement du canal, isolation de la turbine, etc...

Une chambre de mise en charge si le canal d'aménée est à écoulement libre, ou une cheminée d'équilibre s'il s'agit d'une conduite en charge, assure les jonctions avec la conduite forcée qui alimente en eau la turbine.

1.1.3.3. Les équipements de production.

Une turbine, transforme en énergie mécanique l'énergie fournie par la chute d'eau. Il existe de nombreux types de turbines s'adaptant aux différentes contraintes imposées par chaque site. Un générateur produit l'énergie électrique à partir de l'énergie mécanique de la turbine. C'est en général un alternateur synchrone en réseau connecté pour des puissances inférieures à 1 000 W ou 2 000 W.

Un système de régulation a pour rôle d'adapter en permanence les variations, parfois brutales, du débit d'eau à la demande des consommateurs (en réseau autonome) et d'utiliser au maximum l'eau disponible (en réseau interconnecté)

Un bâtiment abrite toutes les installations de production et les tableaux de commande qui peuvent être contrôlés sur place ou pilotés à distance.

Une ligne d'évacuation transporte le courant électrique produit, soit à un réseau interconnecté, soit à un réseau isolé.

1.1.3.4. Les ouvrages de restitution

A la sortie de la centrale, les eaux turbinées sont renvoyées dans la rivière par un canal de fuite. Ce canal est établi soit à l'air libre, soit en galerie dans le cas où la centrale est souterraine.

La longueur du canal de fuite est très variable selon le type d'aménagement.

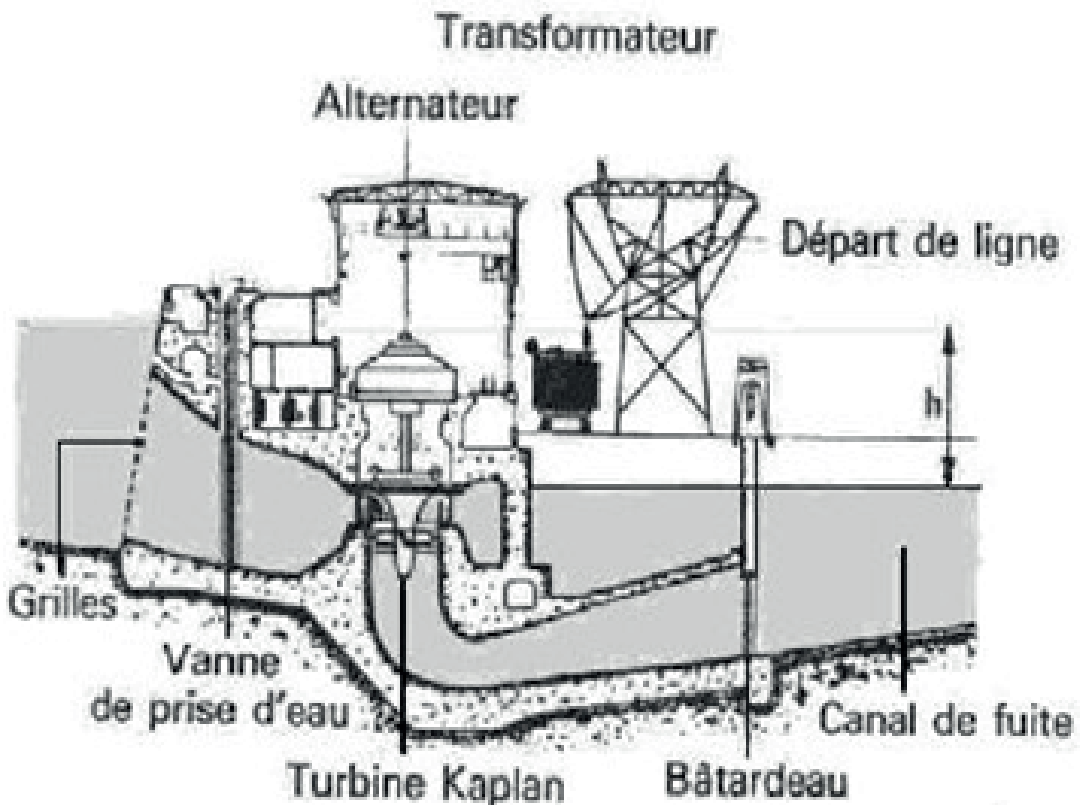


Figure 2 : les composantes d'une centrale hydroélectrique (source anonyme web)

1.1.4. Modes de fonctionnement d'une Microcentrale Hydroélectrique

Le mode d'exploitation d'un aménagement hydroélectrique est fonction du temps de remplissage de la tranche utile de la centrale par le débit moyen entrant. Voici la formule permettant de calculer le temps de remplissage :

- $T = V / (Q \times 3600)$ avec
- T : temps de remplissage en heures
- V : volume de la tranche utile en m^3
- Q : débit entrant en m^3/h

Selon la valeur du temps de remplissage nous avons le mode de fonctionnement suivant :

- Aménagement au fil de l'eau : lorsque le temps de remplissage est inférieur à 2 heures,
- Aménagement à écluse : lorsque le temps de remplissage est compris entre 2 et 400 heures et

- Aménagement à réserve : lorsque le temps de remplissage est supérieur à 400 heures

1.1.4.1. Aménagement au fil de l'eau :

Il n'existe pas de réserve d'eau. La turbine produit de l'électricité à partir de l'eau disponible prélevé dans le cours d'eau. Lorsque le débit du cours d'eau descend sous le débit technique minimum nécessaire au fonctionnement de la turbine équipant la centrale, la production cesse.

Nous retrouvons ce mode d'exploitation dans les centrales à basse, moyenne et haute chutes.

1.1.4.2. Aménagement à écluse.

Surtout rencontré dans les installations de moyenne chute. Il y a existence d'une certaine réserve d'eau remplissant la tranche utile. Cette réserve permet de turbiner l'eau stockée pour les heures de forte consommation.

1.1.4.3. Aménagement à réservoir

Nous avons ici la présence d'une grande réserve d'eau. Ce mode d'exploitation est souvent rencontré dans les installations de haute montagne qui dispose aussi de plusieurs heures de consommation en période de forte consommation.

1.1.5. Différents types d'aménagement de centrales et les différents modes de fonctionnement.

1.1.5.1. Les types d'aménagement

Selon la longueur des ouvrages d'aménage nous pouvons distinguer les types d'aménagements suivants :

1.1.5.1.1. L'aménagement par dérivation :

Ici une partie du débit du cours d'eau est dérivée, puis turbinée sur une hauteur de chute supérieure à la hauteur du barrage. La dérivation a une pente plus faible que celle du lit naturel crée la chute.

1.1.5.1.2. L'aménagement par accumulation.

Nous avons ici une centrale de pieds de barrage qui profite de la chute créée par le barrage.

1.1.5.2. Les types d'installation selon la hauteur de chute

Selon la hauteur de chute nous distinguons les installations suivantes :

- Installation à basse chute (hauteur de chute entre 2 à 20 mètres)
- Installation à moyenne chute hauteur de chute entre 30 à 200 mètres) et

- Installation à haute chute (hauteur de chute supérieure à 200 mètres)

1.1.5.2.1. Les centrales hydrauliques basses chutes

Elles sont caractérisées par un débit très important mais avec une faible hauteur de chute. Les centrales de basse chute, se trouvent sur les grands fleuves et fonctionnent au fil de l'eau et produisent sans interruption.

Les usines de basse chute sont équipées de turbine à réactions type Kaplan avec de pales qui s'orientent en fonction du débit.

1.1.5.2.2. Les centrales hydrauliques moyennes chutes

Les centrales de moyennes chutes sont caractérisées par une hauteur de chute comprise entre 30 et 200m. L'usine se situe généralement au pied du barrage. Ce sont souvent des usines de retenues. Elles se trouvent en moyenne montagne, elles utilisent les réserves d'eau accumulées sur des courtes périodes. Ces centrales d'écluse servent pour la régulation journalière ou hebdomadaire de la production.

Les usines de moyenne chute sont équipées de turbine Francis qui permettent l'utilisation de l'eau à moyenne pression. L'eau est dirigée contre les pales de la turbine par des ailettes de guidage, puis rabattue vers le centre de la roue.

1.1.5.2.3. Les centrales hydrauliques hautes chutes

Les centrales de hautes chutes sont caractérisées par une forte hauteur de chute $h > 200\text{m}$. L'usine est toujours située à une distance importante de la prise d'eau parfois plusieurs kilomètres. Elles se trouvent en altitude, les usines de lacs disposent de plus de 400 heures de réserves.

1.1.6. LES GRANDEURS CARACTERISTIQUES D'UNE MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

1.1.6.1. Définitions

La puissance électrique se définit comme la valeur instantanée ou consommée. Elle correspond à l'énergie consommée ou produite par unité de temps.

Elle s'exprime principalement en Watts (W), en kilowatts (kW), en Mégawatts (MW) :

- $1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$ (kilowatt)
- $1 \text{ MW} = 1\,000 \text{ kW}$ (mégawatt)
- $1 \text{ GW} = 1\,000 \text{ MW}$ (gigawatt)
- $1 \text{ TW} = 1\,000 \text{ GW}$ (térawatt)

L'énergie se réfère à une période de temps pendant laquelle l'électricité produite est consommée.

L'unité officielle de l'énergie est le Joule mais on utilise fréquemment en électricité

le kilowattheure. C'est une production ou une consommation d'un kilowatt pendant une heure. Il y a aussi le Mégawattheure, le Giga wattheure et le Téra wattheure qui correspondent à l'énergie produite ou consommée par 1 MW, 1GW et 1TW pendant une heure.

1.1.6.2. Les grandeurs caractéristiques

L'évaluation de l'importance d'un aménagement hydroélectrique est mesurée par quatre grandeurs caractéristiques que sont :

- Le débit d'équipement,
 - La hauteur de chute,
 - La puissance de l'aménagement et
 - L'énergie électrique produite.
- Le débit d'équipement(Q) est le débit maximum susceptible d'être turbiné par la microcentrale, c'est-à-dire le débit maximum absorbé par toutes les turbines lorsque celles-ci fonctionnent ensemble à pleine puissance.
 - La hauteur de chute brute (H_b) est la différence d'altitude, exprimée en mètre, entre le niveau de l'eau à la prise d'eau et le niveau d'eau au droit de restitution.
 - La hauteur de chute nette (H_n) tient compte des pertes de charge hydrauliques dans les ouvrages d'amenée et de restitution.
 - La puissance maximale brute qui exprime la puissance potentielle de l'aménagement est calculée en fonction de la hauteur de chute brute.

$$P_b = 9,81 \times Q \times H_b$$

- La puissance installée qui représente la puissance effective de l'aménagement est calculée en fonction de la chute nette et du rendement (R) de l'ensemble turbine-générateur, lequel varie entre 60% et 90 %

$$P_i = 9,81 \times Q \times H_n \times R$$

On voit que, pour avoir une puissance importante, le produit $Q \times h$ doit être le plus élevé possible. L'idéal est d'avoir un grand débit sur une grande hauteur de chute. Malheureusement ces deux conditions sont rarement réunies.

L'énergie électrique produite indique la capacité de production d'un aménagement hydroélectrique. Elle dépend de la puissance installée et du régime du cours d'eau.

$$W = P_i \times t \times f$$

t = durée de fonctionnement de l'aménagement en heures,

f = coefficient liés aux variations saisonnières de débit pour des installations de l'eau.

1.2. LES ETAPES D'UN PROJET D'AMENAGEMENT D'UNE MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

Le projet définitif d'une microcentrale hydroélectrique résulte d'un processus complexe et itératif, dans lequel l'accent est mis sur l'impact environnemental et sur les différentes options technologiques ; celles-ci sont alors comparées sur le plan économique et financier.

Bien qu'il ne soit pas facile de fournir un Manuel détaillé sur l'évaluation d'un aménagement hydroélectrique, il est possible d'en décrire les étapes essentielles, avant de décider si l'une ou l'autre doit être soumise à une étude approfondie en vue de sa réalisation. Ainsi, les principaux points à examiner sont les suivants :

- Identification du site à exploiter ;
- Topographie et géomorphologie du site ;
- Evaluation de la ressource en eau et du potentiel énergétique ;
- Sélection des points d'implantation des ouvrages et définition de l'aménagement de base ;
- Choix des turbines, génératrices, contrôle-commande de l'installation, etc.
- Evaluation des impacts sur l'environnement et des mesures de compensations ;
- Evaluation économique-financier du projet et besoins de financement ;
- Cadre institutionnel et procédures administratives pour obtenir les autorisations ;
- Exécution des travaux et
- Essais et mise en service des installations.

2. LES DIFFERENTES PHASES POUR LA CONCEPTION ET LA CONSTRUCTION D'UNE MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

2.1. INTRODUCTION

Pour investir dans le secteur des micros centrales hydroélectriques en RDC, il faut être une personne physique ou morale de droit public ou privé remplissant les conditions ci-après :

- Avoir une résidence ou un domicile connu en RDC ;
- Présenter la preuve de son inscription au Registre de Commerce et de Crédit Mobilier ;
- Justifier de la capacité technique et financière pour l'exploitation dans le secteur de l'électricité.

Nous pouvons retenir deux cas de figure pour l'investissement dans ce secteur qui sont :

- la construction d'une nouvelle installation et
- la réhabilitation et/ou la rénovation d'une installation existante.

Le bureau d'Etudes ou Cabinet en charge de concevoir et monter un projet dans le secteur électrique doit avoir des ressources qualifiées en : hydro-électricité (Chef de projet), hydrologie, géologie, topographie, génie civil, électromécanique, économique-finances et socio-environnement.

Il existe trois types d'études à mener, à savoir : (i) Etudes techniques, Etudes environnementales et Etudes économique-financières.

Ces différentes études sont réalisées de manière globale, cohérente, progressive et continue tout au long des différentes phases du projet (préliminaire, faisabilité et détaillée). Elles permettent de décider de la continuation ou non du projet à chaque phase. Le porteur du projet doit accorder une même importance aux études techniques, environnementales et économique-financières.

2.2. DIFFERENTES PHASES DU PROJET

Nous pouvons distinguer globalement les phases principales suivantes dans l'élaboration d'un projet :

- Les études de préfaisabilité (Etudes Préliminaires) ;
- Les études de faisabilité (Avant-Projet Sommaire) ;

- Les études d'exécution (Avant-Projet Détaillé) ;
- L'exécution des travaux.

2.2.1. Etudes de pré faisabilité (Etudes préliminaires)

Les études de pré faisabilité permettent de faire un pré-diagnostic global sur le projet. Les données suivantes sont obtenues à l'issue de ces études :

- Identification du site d'implantation (données topographiques) ;
- Identification des contraintes environnementales majeures ;
- Evaluation des ressources hydrauliques (hydrologie) ;
- Détermination du potentiel hydroélectrique ;
- Estimation de la nature de l'aménagement (types d'ouvrages, emplacement, caractéristiques, etc.)
- Estimation de la longueur du réseau ;
- Estimation de la demande et du cout du projet ;
- Diagnostic global sur l'intérêt économique du projet

2.2.2. Etudes de faisabilité (Avant-projet sommaires)

Cette deuxième phase permet d'étudier en détail la variante choisie au niveau de la pré faisabilité. Elles aboutissent aux données suivantes :

- projet général de construction ;
- définition technique des composantes de l'installation ;
- établissement des plans et des devis ;
- réalisation de l'étude de l'impact environnemental ;
- demande de concession.

2.2.3. Etudes d'exécution (Avant-projet détaillé)

Cette dernière phase permet d'établir tous les plans et devis nécessaires pour la construction du projet proprement dit. A l'issue de ces études nous aurons :

- La mise au point des équipements définitifs ;
- Les budgets finals d'investissement ;
- Le planning des travaux ;
- Les modalités de financement ;

- Le montage juridique,
- Etc.

2.2.4. Exécution des travaux

Les travaux de construction de la microcentrale hydroélectrique s'exécutent après l'obtention de toutes les autorisations disponibles conformément à la législation congolaise.

Ces travaux peuvent être exécutés par le bureau qui a procédé aux études s'il dispose des compétences et de l'expérience nécessaire pour ces genres de travaux (clé en mains). Sinon, ils sont confiés à un entrepreneur chevronné. Voici les étapes essentielles :

- Exécution des travaux ;
- Surveillance et contrôle desdits travaux ;
- Essai de la microcentrale hydroélectrique ;
- Obtention des certificats de conformité auprès de l'Autorité de Régulation du secteur de l'Electricité ;
- Exploitation de la microcentrale hydroélectrique.

2.3. TABLEAU SYNTHÈSE DU DÉROULEMENT DU PROJET

Étape du projet	Durée	Travaux à effectuer	Phase
Rassembler les données	Min: 1mois Max: 1 an	Données topographiques (plans, détermination des débits, organisation de gestion)	Etudes de pré faisabilité
PRELIMINAIRES	Env. 2 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Premier concept • Etudes des variantes • Faisabilité technique et économique • Pourparlers avec les autorités, services officiels • Contacts avec organismes de financement 	Etudes de pré faisabilité
Avant-projet sommaire	Min. 6 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Choix de la variante • Demande de concession • Enquêtes publiques • Négociations foncières 	Etudes de faisabilité
Avant-projet détaillé	Min. 6 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Etude du projet définitif • Demande de concession et différentes autorisations 	Etudes de faisabilité, Etudes d'exécution
Projet de construction	6-24 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Projet d'exécution • Travaux 	Etudes d'exécution, Travaux
Mise en service	Max. 1 mois	<ul style="list-style-type: none"> • Essais et Mise en service • Réception des travaux • Exploitation 	Essais, Réception des travaux
Durée totale	1 à 4 ans	Suivant la complexité et l'étendue des installations	

3. TYPES D'ETUDES A REALISER

3.1. ETUDES TECHNIQUES

Il convient de rappeler que les études techniques (hydrologiques, topographiques et géologiques) permettent de : (i) déterminer la ressource en eau disponible pour la microcentrale à construire, (ii) mesurer la hauteur de chute disponible et (iii) déterminer le potentiel hydroélectrique du site qui est fonction du débit d'eau disponible et de la hauteur de chute ainsi que du choix de l'implantation future de l'aménagement.

Tandis que celles de génie civil sont utilisées pour dimensionner tous les ouvrages de génie civil de l'aménagement y compris les équipements hydromécaniques (barrage, déversoirs, canal d'amenée, canal de fuite, etc.).

En outre, les études électromécaniques portent sur le choix et le dimensionnement des équipements électromécaniques (turbines, alternateur, système de contrôle-commande, etc.).

Les études techniques poursuivent les objectifs ci-après :

- déterminer le potentiel hydraulique du site à exploiter (débit des équipements, chute nette, puissance de l'aménagement, énergie électrique à produire) ;
- choisir en fonction de la configuration du site le meilleur aménagement possible et le mode d'exploitation de la future microcentrale ;
- dimensionner l'ensemble des ouvrages de génie civil composant l'aménagement (ouvrages de prise, ouvrages d'amenée, barrages, ouvrages de restitution, etc.) ;
- choisir les équipements électromécaniques (turbines, génératrices, etc.) et hydromécaniques nécessaires à l'installation.

3.1.1. DETERMINATION DE LA PUISSANCE

La notion de la puissance d'une microcentrale hydroélectrique est essentielle pour le dimensionnement des ouvrages et des équipements nécessaire pour la production électrique.

Ainsi, les études de terrain sont importantes pour déterminer les caractéristiques énergétiques du projet. Toutes ces études doivent être menées en coordination avec les études environnementales et les études financières.

L'objectif des études du terrain est de déterminer :

- Le débit à prendre à compte ;
- La hauteur de la chute ;
- Les courbes de débit et

- Le dimensionnement de la microcentrale hydroélectrique.

3.1.1.1. Mesure des débits

Le débit est une donnée fondamentale du projet car il conditionne la puissance de la microcentrale hydroélectrique et sa rentabilité. Une mesure unique d'un débit instantanée dans un cours d'eau a peu de valeur et n'est en aucun cas suffisante car il y a le risque de sur ou sous dimensionnement sur la période durant laquelle la mesure a été effectuée.

Pour un cours d'eau non jaugé, c'est-à-dire pour lequel des mesures des débits sur une longue période ne sont pas disponibles, il est nécessaire d'étudier son hydrologie (étude des pluies et de l'écoulement du cours d'eau, mesures des bassins versants, de l'évapotranspiration et de la géologie de surface).

Si aucune mesure n'est disponible pour le tronçon concerné par le projet, il faut se baser sur des données concernant soit d'autres tronçons de la même rivière soit une rivière similaire proche du site. Il conviendra dès lors de reconstituer les séries de données nécessaires à l'étude du site voulu.

Dans le cas où aucun relevé de débits n'est disponible, le mieux est de réaliser une campagne de mesures durant une période suffisamment importante (au moins une année).

Plusieurs procédés de mesurage sont disponibles, on peut citer entre autres :

- La méthode d'exploration du champ des vitesses (pour des moyennes à grande rivières). Elle est basée sur la section transversale de la rivière et la vitesse moyenne de l'eau passant à travers celle-ci ; la vitesse est alors mesurée : à l'aide d'un flotteur, d'un moulinet hydrométrique mécanique à élément rotatif, d'un débitmètre électromécanique et des méthodes de dilution et de traceurs.
- La méthode du déversoir (pour des faibles débits)
- La méthode de la pente de la ligne d'eau (pour les écoulements importants)

Il est aussi important d'étudier les phénomènes de crues dans le cours d'eau pour dimensionner les dispositifs servant à protéger les installations contre les crues éventuelles (évacuateurs de crues, déversoirs, etc.).

3.1.1.2. Mesure de la hauteur de la chute

La hauteur de chute est une donnée plus facile à mesurer par rapport au débit. S'il y a existence d'une carte topographique, les altitudes sont fournies par des courbes de niveau représentées sur la carte en question.

La hauteur de chute de l'aménagement projeté peut s'apprécier par la lecture des altitudes des points de captage et de restitution.

On peut aussi, dans un premier temps, apprécier la hauteur de chute à l'aide d'un altimètre (pour les moyennes et les hautes chutes). Celui-ci aura un degré de précision inférieur à 2 ou 3 mètres.

La hauteur de chute peut également se mesurer à l'aide d'un Global Positioning System (GPS) ou à l'aide des techniques de l'ortho photographie.

On parle de la hauteur de chute brute et de hauteur de chute nette. C'est cette dernière qui nous intéresse pour déterminer la puissance de l'installation en tenant compte :

- de la longueur du canal ou des conduites d'amenée ;
- des pertes de charge au niveau des conduites ou du canal et
- des pertes de hauteur utilisable entre la turbine et le canal de restitution.

Le choix de la hauteur de chute tiendra compte de la configuration géographique du site et des couts et bénéfices des différentes solutions envisageables.

Le bon projet résulte du meilleur compromis entre les données techniques, environnementales et financières.

3.1.1.3. Courbes de débits

La courbe de débit disposée par ordre chronologique est difficile à exploiter. Il convient de classer tous les débits journaliers de l'année par ordre décroissant, du plus fort au plus faible. On obtient alors la courbe des débits classés. Cette courbe peut être établie année par année ou pour plusieurs années, avec en abscisses, le nombre de jours de l'année, et en ordonnées, les débits.

De l'allure de la courbe de débits classés dépendra la puissance installée. Cette courbe des débits classés permet notamment d'apprécier la régularité du cours d'eau.

3.1.1.4. Dimensionnement de la microcentrale hydroélectrique

Le débit d'équipement sera inférieur au débit disponible dans le cours d'eau pour deux raisons :

- Un débit réservé doit être maintenu en permanence dans le lit de la rivière notamment pour le maintien de la faune et de la flore ;
- Il faut encore déduire du débit à disposition la part non exploitable des crues, l'eau utilisée pour éliminer les dépôts et les fuites.

Un débit d'équipement aussi élevé que possible ne fournira pas nécessairement la meilleure production d'énergie et une rentabilité optimale à cause des raisons suivantes :

- Une turbine ne fonctionne pas avec la même efficacité sous un débit faible ou élevé. Le rendement de la turbine et du générateur baissent considérablement en dessous de 20% à 40% du débit d'équipement
- Les coûts d'investissement seront plus importants pour une turbine surdimensionnée.

Le projet consiste à trouver le meilleur compromis entre les données techniques (dimensionnement des équipements, rendements), les données financières (investissements à réaliser) et les données environnementales (débit réservé).

Le choix de la grandeur de la turbine dépend aussi du mode d'exploitation prévu : production de courant en parallèle sur le réseau ou en régime isolé.

En mode parallèle, l'objectif est de produire la plus grande quantité possible, alors qu'en mode isolé, les appareils consommateurs doivent pouvoir fonctionner avec la puissance minimale produite par la microcentrale hydroélectrique en période de basses eaux.

3.1.2. EVALUATION DES SITES

Toute production hydroélectrique dépend du débit disponible et de la dénivellation exploitable. L'hydroélectricité est donc extrêmement dépendante du site. Il est nécessaire, tout d'abord, de disposer :

- d'un débit d'eau suffisant et régulier ;
- les conditions topographiques doivent permettre de concentrer l'énergie répartie le long d'un tronçon de cours d'eau en un point à partir duquel la hauteur de chute est suffisante pour produire de l'énergie ;
- une connaissance approfondie des lieux est nécessaire pour éviter des futurs incidents en phase d'exploitation de la microcentrale hydroélectrique. Il faut nécessairement des études poussées de stabilité et de perméabilité pour le choix des endroits dans lesquelles les ouvrages seront implantés.

Le choix de la solution technique est donc une procédure itérative dans laquelle la topographie, la sensibilité environnementale et la géologie des lieux sont des aspects prépondérants.

Les technologies d'analyse et évaluation connaissent actuellement des transformations importantes grâce aux technologies nouvelles qui apportent une assistance appréciable à la conception du projet et à la réduction des coûts. Il s'agit de :

3.1.2.1. Cartographie

La méthode est souvent utilisée dans les pays développés où il y a existence des cartes détaillées. Dans les pays en développement, des photographies aériennes de la topographie peuvent être substitués aux cartes si elles sont indisponibles à l'échelle souhaitable (1 : 5 000)

3.1.2.2. Etudes Géotechniques

La nécessité d'effectuer des études géologiques sur site est important pour éviter des conséquences regrettables telles que l'infiltration des eaux sous le barrage, les glissements de terrains, l'instabilité des fondations, etc.

S'il n'y a pas des cartes géologiques, il est conseillé de faire des études sur terrain à l'aide de forage et d'échantillonnage.

Des nombreuses techniques géomorphologiques peuvent être utilisées, les plus connues sont :

- La photogéologie ;
- Les cartes géomorphologiques ;
- Les analyses en laboratoire ;
- Les études géophysiques ;
- L'analyse géologique structurale ;
- Les forages, etc.

3.1.3. OUVRAGES DE GENIE CIVIL

Une microcentrale hydroélectrique est composée d'un certain nombre d'ouvrages dont la conception va dépendre du type d'aménagement, des conditions locales, de l'accès aux matériaux de construction et également des traditions de construction locales du pays ou de la région.

Les ouvrages ci-dessous sont communs aux aménagements hydroélectriques :

- Ouvrages de diversions :
 - Barrage ;
 - Déversoirs ;
 - Organes de dissipations de l'énergie ;
 - Passe à poissons ;
 - Organes de dotation (débit réservé).
- Systèmes de d'acheminement d'eau :
 - Prise d'eau ;
 - Canaux (d'amenée, de restitution) ;
 - Tunnels ;
 - Conduites forcées ;
 - Usine.

Ces ouvrages présentent des particularités dues à la topographie du lieu sur lequel on les implante ; ce qui fait que deux aménagement ne sont jamais identiques.

3.1.3.1. Ouvrages de prise d'eau

Le choix du type d'ouvrage dépendra non seulement des conditions topographiques, géologiques et hydrologiques, mais aussi des disponibilités locales en main d'œuvre, des conditions d'accès, des coûts des matériaux.

La part du génie civil est souvent importante par rapport au coût total d'une microcentrale hydroélectrique ; ce poste mérite donc une attention particulière.

Dans la grande majorité des cas, une prise d'eau en rivière se présente sous la forme d'un barrage, d'une digue ou d'un seuil.

Selon la nature des matériaux et leurs conditions d'emploi, on distingue :

- Les barrages rigides en béton ;
- Les barrages en terre ;
- Les barrages en enrochements ;
- Les barrages à encoffrement en bois ;
- Les rideaux de palplanches ;
- Les barrages mobiles métalliques ;
- Les barrages mobiles en caoutchouc ;
- Etc.

Les ouvrages annexes des prises d'eau sont principalement :

- Les évacuateurs de crues
- Les ouvrages de vidange ;
- Les passes à poissons,
- Les glissières de dévalaison ;
- Etc.

3.1.3.2. Ouvrages d'amenée et de mise en charge

Les ouvrages d'amenée et de mise en charge sont :

- les Grilles ;
- la Vanne ;
- la chambre de mise en charge ;
- la cheminée d'équilibre ;
- la conduite forcée.

3.1.3.3. Bâtiments d'usine

Les bâtiments protègent les équipements de production et les organes de commande manuelle ou automatique. L'emplacement et la construction des bâtiments doivent être réalisés dans un souci de :

- protection contre les intempéries et les crues ;
- protection contre les actes de vandalisme et
- respect des règles de sécurité.

De plus, les bâtiments doivent prendre en compte les nuisances sonores engendrées et les contraintes paysagères.

3.1.3.4. Ouvrages de restitution

A la sortie de la centrale, les eaux turbinées sont renvoyées dans la rivière par un canal de fuite. Ce canal est établi soit à l'air libre, soit en galerie dans le cas où la centrale est souterraine.

La longueur du canal de fuite est très variable selon le type d'aménagement :

- Pour les installations de haute et moyenne chute, il est en général de très courte longueur ;
- Pour les installations de basse chute, la longueur du canal de fuite peut être du même ordre de grandeur que celle du canal d'amenée.

3.1.4. EQUIPEMENTS DE PRODUCTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE

Une microcentrale hydroélectrique transforme l'énergie potentielle de l'eau en énergie mécanique grâce à la turbine, puis en énergie électrique grâce au générateur.

Ces équipements constituent le cœur de la microcentrale hydroélectrique, un bâtiment abrite ces équipements, ainsi que les tableaux de commande, qui peuvent être pilotés à distance.

3.1.4.1. Centrales

Le rôle de la centrale est de protéger l'ensemble des équipements électromécaniques. Le nombre des groupes ; le type, la puissance et la configuration des turbines ; la dénivellation exploitable et la géomorphologie du site déterminent la forme et la taille du bâtiment.

La centrale comportera tout ou partie des équipements suivants :

- Grille d'entrée ;
- Vanne de garde ;
- Turbine ;
- Multiplicateurs de vitesse ;
- Générateur
- Système de contrôle-commande ;

- Batterie de condensateurs
- Connexion au réseau ;
- Disjoncteurs et systèmes de protection ;
- Alimentation d'urgence en courant continu ;
- Transformateur de courant et de tension ;
- Etc.

3.1.4.2. Turbines

Une turbine hydraulique est une machine tournante, constituée principalement d'une roue à aubes, qui reçoit de l'énergie d'un fluide, sous forme d'énergie de pression ou d'énergie cinétique et qui le transforme en énergie mécanique directement utilisable sur un arbre en rotation. La turbine peut être, soit noyée au sein du fluide dans une chambre d'eau, soit située à l'extrémité d'une conduite forcée. Le rendement des turbines se situe entre 80% et 90% ; il croît avec la taille des roues.

Une turbine hydraulique comporte trois éléments :

- la roue qui a pour rôle, la transformation de l'énergie hydraulique en énergie mécanique. Elle est composée de :
 - Augets à l'air libre (turbine Pelton) ;
 - Aubes ou pales, soit à l'air libre (turbine Banki-Michell), soit formant des conduits qui sont en charge dans les machines à réaction (turbine Francis ou Kaplan).
- Un distributeur ou injecteur qui donne aux particules d'eau la vitesse convenable pour aborder la roue dans des conditions déterminées, de façon à obtenir le minimum de pertes et transformer ainsi, partiellement ou totalement ;
- Un aspirateur ou diffuseur (turbine Francis ou Kaplan) qui a pour but de récupérer, sous forme d'énergie de pression, l'énergie cinétique résiduelle et l'énergie potentielle de l'eau à la sortie de la roue et d'évacuer l'eau vers l'aval.

On distingue deux grandes catégories de turbines :

- a) **Les turbines à action** (Pelton, Banki). L'eau est mise en vitesse maximale dans l'injecteur. Toute l'énergie dans le jet entraîne la rotation de la roue et l'eau ressort en pluie.
- b) **Les turbines à réaction** (Francis, Kaplan) ; l'eau est guidée par le distributeur pour rentrer sans choc dans la roue. Celle-ci se met en vitesse maximale à la sortie de la roue.

Le choix du type de turbine dépend principalement du débit, de la hauteur de chute et de la vitesse de rotation de l'arbre.

Un premier classement approximatif permet d'identifier les types de turbines utilisées en fonction de la hauteur de chute de l'équipement.

- Basses chutes (2 à 10 mètres) : Turbine hélice, Turbine Kaplan ;
- Moyennes chutes (5 à 100 mètres) : Turbine Francis, Turbine Banki-Michell ;
- Hautes chutes (50 à 400 mètres) : Turbine Pelton, Turbine Turgo.

3.1.4.3. Générateurs de courant

Ils permettent de convertir l'énergie mécanique des turbines en énergie électrique. Une fois mise en mouvement, une turbine entraîne un générateur de courant, qui transforme l'énergie mécanique disponible sur l'arbre en énergie électrique. Il existe deux types de générateurs :

- a) Les générateurs synchrones appelés usuellement « alternateurs »

Ils sont généralement utilisés en réseau autonome et pour des unités de grande puissance, souvent supérieures à 2000 kW, raccordées au réseau.

Dans le cas de l'alternateur, le rotor est formé par des électro-aimants alimentés par du courant continu.

- b) La vitesse de l'alternateur couplé au réseau est strictement constante si la fréquence du réseau reste stable. C'est la justification du terme synchrone.

- Les générateurs asynchrones ou « génératrices »

La génératrice asynchrone comporte un rotor sans bobinage. Le courant qui y circule est produit, par induction, à partir des bobinages du stator.

Elle est essentiellement utilisée :

- Lorsque la production de la microcentrale est prévue pour une vente à un réseau de transport, car dans ce cas la génératrice est pilotée par le réseau qui régule la fréquence et la tension du courant produit ;
- Pour des puissances inférieures à 2000 kW.

La génératrice asynchrone est plus simple de réalisation et plus facile à coupler au réseau en puissances moyennes. Par contre elle est moins intéressante que l'alternateur en ce qui concerne l'énergie réactive.

3.1.4.4. Multiplicateurs de Vitesse.

La vitesse de rotation optimale d'une turbine hydraulique dépend à la fois du type de turbine, de la hauteur de chute sous laquelle elle fonctionne et du débit qu'elle utilise. Or, la fréquence du courant alternatif du réseau sur lequel on se raccorde impose la vitesse de rotation du générateur. Le multiplicateur de vitesse, placé entre la turbine et le générateur, permet de synchroniser le fonctionnement des différents équipements.

Cette multiplication peut s'effectuer par courroies pour les petites puissances ou par engrenage pour les grandes puissances.

3.1.4.5. Système de régulation

Plusieurs facteurs sont à réguler dans la production de l'énergie électrique :

- La fréquence du courant alternatif ;
- La tension ;
- Le décalage entre la sinusoïde de la tension et celle du courant (déphasage) ;
- L'adaptation du débit turbiné au débit disponible de la rivière

La régulation peut être assurée de deux manières distinctes :

- Régulation du débit d'eau absorbé (régulation hydraulique). Cette solution est réalisable avec des turbines à débit variable, en agissant à différents niveaux : injecteurs, distributeurs, pales réglables...
- Régulation de la charge (régulation par absorption d'énergie). Dans ce système, l'eau est constamment turbinée et l'électricité non consommée est déchargée dans une batterie de résistances, grâce à un régulateur électronique de charge.

Les techniques actuelles permettent, au moindre coût, d'automatiser presque intégralement le fonctionnement des microcentrales. Il existe sur le marché des automates programmables qui assurent la régulation et la protection de démarrage et d'arrêt avec contrôle sur place ou à distance.

3.1.4.6. Le Système de contrôle-commande

a) La fonction de manœuvre automatique

Elle comporte un certain nombre d'opérations parmi lesquelles on met en relief des « séquences » de fonctionnement (par exemple : séquence de démarrage, séquence de couplage, séquence d'arrêts divers, etc.)

Ces opérations, réalisées depuis quelques dizaines d'années par un automatisme à relais électromécanique, sont maintenant centralisées dans un automate programmable ou réalisées par un micro-ordinateur.

b) La fonction de surveillance

Elle consiste à comparer des mesures fournies par des capteurs avec les seuils préétablis et fournir les réactions prévues pour chaque type de défauts.

Cette surveillance peut porter sur des points très divers : contrôle de niveau, de débit, de pression d'huile ; de débit d'eau de refroidissement, de température de paliers ou de bobinage de générateur, de vibrations, de tension des alimentations d'auxiliaires, de courant, etc.

c) La fonction de télécommande

Cela implique l'installation dans la microcentrale d'un système capable de transformer les informations acquises localement en signaux transmissibles, les messages pouvant être reçus sur PC.

3.1.4.7. Evacuation et livraison de l'électricité

Le courant électrique produit à la sortie du générateur doit ensuite être évacué et transporté jusqu'au point de livraison.

1. Les transformateurs

Les transformateurs sont des équipements qui permettent d'élever la tension du courant produit pour permettre de le transporter sur des longues distances entre les zones de production et les zones de consommation. En élevant la tension du courant alternatif, on minimise les pertes et on peut faire voyager l'électricité sur de longues distances.

a) Les transformateurs de puissance

Ils sont indispensables quand la microcentrale doit débiter sur un réseau de tension MT ou HT.

Il faut donc élever la tension du générateur de la microcentrale hydroélectrique généralement en basse tension, à 5 kV ou plus.

b) Les transformateurs de mesure

A l'opposé des transformateurs de puissance, les transformateurs de mesure ne transmettent que des énergies très faibles destinées à des appareils de contrôle, de sécurité et signalisation ou les appareils de comptage d'énergie. Par contre, ils doivent être très précis.

2. Le raccordement au réseau

Le raccordement au réseau d'une microcentrale hydroélectrique s'effectue principalement :

- En basse tension pour les puissances inférieures à quelques centaines de kW ;
- En MT ou HT pour la connexion à un réseau de transport.

3.2. LES ETUDES ENVIRONNEMENTALES

Toute activité humaine modifie l'environnement dans lequel il s'exerce, c'est le cas de la construction et de l'exploitation des microcentrales hydroélectriques. A partir des années 1970 dans tous les pays du monde la composante « Environnement » est devenue une donnée majeure dans la conception, la construction et l'exploitation des microcentrales hydroélectriques. Voilà pourquoi le contexte législatif et réglementaire de la RDC a pris en compte la notion de l'environnement avec plusieurs lois, décrets et arrêtés.

A part la législation nationale, le projet doit également être conforme aux exigences environnementales mondiales notamment les politique de Sauvegarde Environnementale de la Banque Mondiale, les politiques environnementales de l'Organisation Mondiale des barrages et aux principes de l'Equateur.

Les thèmes de l'environnement à prendre en compte sont le milieu physique, naturel et humains, nous pouvons citer entre autres : la faune et la flore, les sites et les paysage, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, la protection des biens et du patrimoine culturel, la commodité du voisinage (bruit, vibrations, odeurs, émissions lumineuse), l'hygiène, la sécurité, la salubrité publique et la santé.

Les aspects environnementaux sont aujourd'hui une donnée essentielle pour la réussite du projet et doivent être pris en compte tout au long du déroulement du projet : avant et pendant la phase d'étude ainsi que lors de l'exécution du projet et même lors de l'exploitation de la future microcentrale hydroélectrique.

En plus, l'article 12 de la Loi n°14/011 du 17 juin 2014 portant sur le secteur de l'électricité, exige que tout projet de développement, d'ouvrage ou d'installation électrique ou toute activité dans le secteur de l'électricité soit assujetti à une étude d'impact environnemental et social préalable assortie de son plan de gestion dûment approuvé conformément à la législation sur la protection de l'environnement.

L'étude d'impact environnemental est à la fois :

- Un instrument de protection de l'environnement ;
- Un instrument d'information pour les services de l'Etat et pour le public et ;
- Un instrument d'aide à la décision pour le Maitre d'Ouvrage du projet

Le chapitre passe en revue de manière succincte les exigences à respecter dans le cadre d'un projet de microcentrale hydroélectrique en RDC.

3.2.1. OBJECTIFS PRINCIPAUX DE L'ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Les objectifs sont :

- Analyser l'état initial du site et son environnement (étude de caractérisation environnementale et sociale de base) ;

- Evaluer les risques environnementaux et sociaux potentiels liées aux activités des travaux d'implantation et d'exploitation de la microcentrale ;
- Enoncer les mesures envisagées pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement ;
- Proposer des mesures d'atténuations, de compensation et de mitigation des impacts environnementaux et sociaux générés par le projet ;
- Evaluer les couts de mise en œuvre du Plan de Gestion Environnementale et Sociale ainsi que des mesures d'accompagnement environnementales et sociales proposées.

3.2.2. CONTENU D'UNE D'ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

Une Etude d'Impact Environnemental et Social pour un projet de microcentrale hydroélectrique comporte les éléments suivant :

- Une analyse de l'état initial du site et de son environnement, portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers, maritimes ou des loisirs affectés par les aménagements ou ouvrages ;
- Une analyse des effets directs et indirects, temporaires ou permanent du projet sur l'environnement et la santé et en particulier sur la faune et la flore, les sites et les paysages, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux et les équilibres naturels, les équilibres biologiques, sur la protection des biens et du patrimoine culturel et, le cas échéant, sur la commodité du voisinage (bruit, vibrations, odeurs, émissions lumineuse) ou sur l'hygiène, la sécurité et la salubrité publique ;
- Les raisons pour lesquelles, notamment du point de vue des préoccupations environnementales, parmi les partis envisagés, le projet présenté a été retenu ;
- Les mesures envisagées par le maître d'ouvrage ou le promoteur pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes ;
- Une analyse des méthodes utilisées pour évaluer les effets du projet sur l'environnement mentionnant les difficultés éventuelles de nature technique ou scientifique rencontrées pour établir cette évaluation ;

Afin de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude, celle-ci fera l'objet d'un résumé non technique.

Lorsque la totalité des travaux prévus au programme est réalisée de manière simultanée, l'étude d'impact environnemental doit porter sur l'ensemble des composantes du projet. Lorsque la réalisation est échelonnée dans le temps, l'étude d'impact de chacune des phases de l'opération doit comporter une appréciation des impacts de l'ensemble du projet

3.2.3. CONDUITE DE L'ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL

L'analyse de l'environnement doit être engagée le plus en amont possible, au stade des études de pré-faisabilité. Des fortes contraintes environnementales peuvent remettre en cause la faisabilité du projet ; il est donc indispensable de les identifier le plus tôt possible.

La conduite de l'étude d'impact doit être menée en plusieurs séquences successives, le plus souvent interdépendantes, ou pouvant être, selon la nature et l'importance du projet, plus ou moins confondues.

3.2.4. SUIVI ENVIRONNEMENTAL

Dans une démarche qualité, il est important de s'assurer de la continuité de la prise en compte de l'environnement, dès la conception du projet à l'exploitation des ouvrages.

3.2.4.1. Suivi environnemental en phase travaux

Le suivi environnemental en phase des travaux peut être décomposé en deux phases principales :

a) la phase projet de détail :

Les mesures environnementales sont affinées, elles sont la traduction et la concrétisation des mesures évoquées dans l'étude d'impact ;

b) la phase chantier :

Le promoteur suit les différentes opérations et contrôle les exigences environnementales. Il peut éventuellement adapter ou proposer de nouvelles actions en faveur de l'environnement.

3.2.4.2. Suivi environnemental en phase exploitation de l'ouvrage

De multiples raisons peuvent amener le Maître de l'Ouvrage à suivre l'environnement de l'aménagement en phase de l'exploitation, à savoir :

- Maîtrise des niveaux sonores ;
- Délivrance du débit réservé ;
- Respect d'autres exigences réglementaires ;
- Utilisations d'huiles biodégradables ;
- Programmation d'une vidange ;
- Etc.

En phase de l'exploitation comme en phase de la conception de l'ouvrage, la prise en compte de l'environnement doit se faire au même titre que les considérations techniques, économiques ou financières.

3.2.4.3. La Démarche de Certification ISO 14001 « Environnement »

« L'objectif global de la norme ISO 14001 est d'équilibrer la protection de l'environnement et la prévention de la pollution avec les besoins socio-économiques. Elle prescrit les exigences d'un Système de Management Environnemental (SME), qui permet à un organisme d'établir et d'évaluer l'efficacité des procédures destinées à arrêter une politique et des objectifs environnementaux, de s'y conformer et de démontrer cette conformité à autrui »

Ces phrases figurent dans l'introduction de la norme ISO 14001. Pour une microcentrale hydroélectrique, la démarche consiste à :

- Réaliser une analyse environnementale de la microcentrale hydroélectrique : contexte réglementaire, état des lieux, impacts environnementaux ;
- Définir ensuite une politique environnementale et un SME visant à définir les performances environnementales à atteindre et à mettre en place les moyens nécessaires pour atteindre les objectifs ;
- Mettre en œuvre ce SME et assurer un contrôle continu

Un audit de certification est ensuite réalisé par un auditeur appartenant à un organisme certificateur indépendant.

L'intérêt de la démarche est de :

- Formaliser la gestion environnementale et l'améliorer ;
- S'affirmer comme industriel responsable ;
- Réaffirmer les impacts environnementaux positifs de la microcentrale hydroélectrique ;
- Afficher sa volonté de respecter et préserver l'environnement ;
- Communiquer et s'engager dans une démarche de gestion environnementale transparente.

3.2.5. PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

Le Plan de gestion environnementale et Social (PGES) est conçu pour faciliter l'organisation, la documentation, la communication, la formation, le contrôle, le suivi de la mise en œuvre et, le cas échéant, l'optimisation des actions réductrices, correctives et compensatoires proposées dans le cadre de l'Etude de l'Impact Environnemental et Social (EIES). Le PGES se doit d'identifier et de proposer les moyens, les procédures et les techniques, de délimiter les responsabilités et d'estimer les coûts de la mise en œuvre de la gestion environnementale et sociale.

Il constitue le cahier des charges environnementales et sociales et comprend :

- Le récapitulatif des principales mesures et des actions préconisées dans l'EIES ;
- L'identification des institutions responsables de la mise en œuvre de ces mesures ;
- La détermination des structures de suivi, de surveillance et de contrôle à impliquer ;
- La précision de la période et/ou de la fréquence auxquelles les mesures doivent être mises en œuvre ;
- La définition des outils, des méthodes et des indicateurs de suivi et de surveillance permettant d'évaluer l'efficacité des mesures préconisées ;
- L'estimation du coût de mise en œuvre de chacune des mesures préconisées

La politique environnementale et sociale ainsi que les exigences du plan doit être divulguées par le chargé de l'environnement de l'entrepreneur à de tous ceux qui travaillent sur le projet et cela avant l'exécution des travaux.

3.2.5.1. Objectifs du PGES

Le Plan de gestion Environnemental et Social a comme objectifs de :

- Protéger, préserver et améliorer les conditions environnementales sur toute l'étendue du projet ;
- Assurer l'efficacité et la durabilité des actions d'atténuation envisagées pour réduire les nuisances potentielles (émissions atmosphériques, nuisances sonores, etc.) ;
- Prévenir et gérer toute pollution accidentelle (ex : déversement accidentel des hydrocarbures, des lubrifiants, des huiles nouvelles ou usagées, etc.). le PGES constitue à la fois un ensemble d'actions et un système de procédures visant à le garantir ;
- Assurer la prévention des impacts et la mise en œuvre des mesures d'atténuation ou de bonification ;
- Préserver la santé publique et la qualité de vie ;
- Appliquer les exigences, les réglementations, les codes et standards environnementaux de la RDC ainsi que les politiques environnementales internationales ;
- Assurer la conformité du projet aux exigences de protection de l'environnement ;
- Assurer l'utilisation rationnelle des ressources ;
- Assurer la sécurité des intervenants dans la réalisation du projet ;
- Assurer la sécurité et la pérennité des activités.

3.2.5.2. Cadre Institutionnel de l'élaboration et mise en œuvre du PGES

L'élaboration et la mise œuvre du PGES concerne les entités ci-après :

- La Direction des voiries de dessertes agricoles (DVDA) en cas d'aménagement des voies d'accès
- Ministère des Ressources Hydrauliques et Electricité ;
- Ministère en charge de l'Environnement ;
- Les Inspecteurs de l'Environnement, et
- La société civile ;
- La mission de contrôle ;
- L'entrepreneur.

3.2.5.3. Le contenu d'un plan de gestion environnementale et sociale

Un PGES doit comprendre les éléments suivant :

- La gestion environnementale de chaque composante du projet dans la phase construction
- La gestion environnementale de chaque composante du projet dans la phase d'exploitation ;
- Le programme de suivi environnemental ;
- Le plan de renforcement des capacités institutionnelles ;
- L'estimation des coûts de la prise en charge des mesures envisagées dans le PGES.

3.2.5.4. Plan de gestion des déchets de chantier

Il est impératif de prévoir dans la gestion environnementale, un Plan de Gestion des Déchets de Chantier. Comme la RDC n'as pas des plans nationaux de gestion des déchets pour les projets de construction ni d'infrastructures de traitements des déchets, exceptés dans certaines villes, seules les actions et initiatives individuelles peuvent améliorer la proportion des déchets traités de manière satisfaisante et sanitaire.

3.2.5.5. Surveillance et suivi environnemental

Le contrôle et la mise en œuvre du PGES de chantier sera essentiellement effectué par la mission de contrôle et par l'administration provinciale dans laquelle le site du projet est située.

En cas de non-respect ou de non-application de mesures environnementales, le processus de mise en demeure est déclenché à l'encontre de l'entrepreneur.

3.2.6. PLAN D'ACTION ET DE REINSTALLATION

En vue de répondre aux exigences de la Banque Mondiale en matière de déplacement involontaires des populations et conformément à la disposition d'expropriation en RDC pour cause d'utilité publique, un Plan d'Action et de Réinstallation (PAR) doit être rédigé dans le cas où les populations doivent être déplacés et certains biens expropriés pour cause d'utilité publique dans le projet de construction d'une microcentrale hydroélectrique.

Ce Plan doit avoir comme objectifs :

- Minimiser les déplacements involontaires autant que possible ;
- Eviter la destruction des biens dans toutes ses configurations ;
- Indemniser les personnes affectées par la perte des bâtis, équipements et activités agricole, commerciales, etc.

3.3. ETUDES ECONOMICO-FINANCIERES

Un investissement dans une microcentrale hydroélectrique entraîne un certain nombre de dépenses réparties sur toute la vie du projet et procure aussi des revenus, distribués sur la même durée de vie. Les dépenses incluent les coûts fixes (le coût de l'investissement, des coûts d'assurances, etc.) et les coûts variables (frais de fonctionnement et de maintenance).

Les études économiques permettent de choisir selon les différentes configurations du site quel aménagement présente les meilleurs avantages sur le plan économique tandis que les études financières fixe la rentabilité future du projet.

3.3.1. COUT D'INSTALLATION D'UNE MICROCENTRALE HYDROELECTRIQUE

La faisabilité financière d'un projet de microcentrale hydroélectrique est liée :

- Aux dépenses d'investissements comprenant les coûts des études et le coût de la construction ;
- Aux recettes d'exploitation prévisionnelles qui dépendent de la production et de la vente de l'énergie électrique;
- Aux coûts d'exploitation ;
- Au mode de financement retenu.

3.3.1.1. Coût des études

Le coût des études comprend :

- Les coûts des études techniques, avec notamment les études hydrologiques, hydrauliques et géotechniques ;
- Les coûts des études d'environnement, avec notamment les études d'impact environnemental et Social, le Plan de Gestion Environnemental et Social ;
- Les coûts des études économiques et financières

Le porteur du projet peut perdre intégralement ce budget destiné aux études si la demande est rejetée ; il y a donc une notion de risque, qu'il est important de prendre en considération.

Les coûts des études représentent généralement environ 10% du coût de construction repartis de la manière suivante :

- Etudes de pré faisabilité : 1% ;
- Etudes de faisabilité : 3% et ;
- Etudes d'exécution : 6%.

A la notion de risque s'ajoute la notion de délai. Les études et la procédure administrative nécessitent un certain temps variable pour un site à un autre.

3.3.1.2. Coût de la construction

L'investissement que représente une microcentrale hydroélectrique peut donner lieu aux considérations suivantes :

- a) Un investissement nécessitant d'importants capitaux
- b) La grande variabilité dans des coûts dans le domaine de construction
- c) La recherche « d'un optimum économique ».

Le coût de construction doit prendre en compte les différentes composantes de la microcentrale hydroélectrique qui sont :

- Le génie civil ;
- Les équipements de production, avec notamment la turbine et le générateur, les équipements électriques et le raccordement au réseau ;
- La conduite forcée, etc.

Il existe des méthodes empiriques pour évaluer le coût de construction d'une microcentrale hydroélectrique en fonction de la puissance et de la hauteur de chute d'un aménagement ; ces méthodes sont basées sur des graphiques et des applications informatiques. Nous n'en parlons pas ici, car elles sont difficilement adaptables en RDC.

De manière empirique, en tenant compte des microcentrales existantes en RDC, nous pouvons faire les observations suivantes :

- Pour une puissance donnée, le coût de construction par unité de puissance diminue avec la hauteur de chute, donc plus la chute est élevée, moins est le cout au kW ;
- Pour une hauteur de chute donnée, ce coût diminue avec l'augmentation de la puissance de la microcentrale ;
- Pour les microcentrales de haute chute (hauteur de chute supérieure à 200 mètres), le cout de construction est généralement compris de 1.500\$ à 2.000\$ par kW ;
- Pour les microcentrales de moyenne chute (hauteur de chute comprise entre 30 à 200 mètres), le cout de construction varie de 2.000\$ à 4.000\$ par kW ;
- Pour les centrales de basse chute (hauteur chute inférieure à 20 mètres), le cout de construction peut varier de 4.000\$ à plus de 6.000\$ par Kw.

3.3.1.3. Sources de financement

En termes de sources de financement, nous énumérons ce qui suit :

- Fonds propre,
- Marge brute d'autofinancement,
- Avances des associés,
- Emprunt,
- Dons,
- Crédit fournisseur,
- Etc.

Les besoins de fonds dépendent du planning d'étude et de réalisation du projet.

Durant la phase de réalisation, les débloques progressifs pour paiement d'acomptes entraînent des intérêts intercalaires qui doivent être pris en charge.

Le plan de financement devra cerner de manière précise le calendrier de mobilisation, ainsi que les risques de variation en montant et en échéance, pouvant intervenir lors des différentes phases d'avancement (demande d'autorisation, travaux).

Le plan de financement doit intégrer toute une série de critères :

- Le montant de financement, qui prend en compte une part plus ou moins importants d'investissements ;
- L'adaptabilité du planning des besoins de fonds, pour minimiser les intérêts intercalaires ;
- Les taux d'intérêts fixes ou variables ;
- Les possibilités de modification du calendrier de remboursement, en cas d'année à mauvaise hydraulicité.

3.3.2. COÛTS D'EXPLOITATION PREVISIONNELS

3.3.2.1. Débouchés de l'hydroélectricité

En ce qui concerne les débouchés de la production, on peut distinguer les cas ci-après:

- La vente de la production à des tiers ;
- L'autoconsommation de la production, notamment dans le cadre d'ateliers industriels ;
- Les solutions mixtes, avec une partie autoconsommation et une partie vente à des tiers.

3.3.2.2. Coûts d'exploitation d'une microcentrale hydroélectrique

Les charges de fonctionnement ou coûts d'exploitation varient en fonction de la taille et des caractéristiques de la microcentrale hydroélectrique, des méthodes d'exploitation et du montage juridique et financier.

a) Coûts directs d'exploitation

Ils comprennent :

- Les frais du personnel et des petites interventions d'entretien des installations et bâtiments ;
- Les consommables : huiles, électricité, pièces d'usine, etc. ;
- La maintenance programmée ;
- Les assurances : responsabilité civile, risque industriel, incendie, dégâts des eaux, bris de machine, couverture totale ou partielle des pertes d'exploitation ;
- La taxe professionnelle, calculée notamment sur les immobilisations ;
- Les taxes éventuelles, redevances, etc.
- La gestion administrative et financière : facturation, comptabilité.

b) Provisions

Elles ne concernent que des dotations pour réparations importantes

c) Frais financiers

Ils dépendent des modalités de financement retenues et notamment de la répartition autofinancement/emprunts.

d) Amortissements

Les dotations aux amortissements sont calculées en fonction de l'espérance de vie des équipements et des aménagements, ou suivant la réglementation fiscale et comptable en vigueur.

Voici un tableau répartissant les coûts et les durées d'amortissements des composants d'une microcentrale : Groupe des coûts	Pourcentages de l'investissement total	Durée de l'amortissement en années
OUVRAGES DE GENIE CIVIL : (Barrage, prise d'eau, dessableur, canaux, bâtiments, etc.) Constructions métalliques (vannes, grilles, dégrilleurs, etc.) Conduite forcée	25 – 55%	25 – 30 ans
Equipement électromécaniques : Turbines, générateurs, contrôle-commande, régulations, transformateurs, etc.)	20 – 55%	15 – 20 ans
Coûts annexes : Etudes, direction des travaux, essais et mise en service, procédures d'autorisation, etc.)	10 – 20%	15 – 20 ans
Divers	10%	– 20 ans

3.3.3. CALCUL DE LA RENTABILITE FINANCIERE

3.3.3.1. Etapes des études financières

Comme pour les études environnementales, les études financières doivent être réalisées de façon progressive, continue et itérative. Au stade « études de préaisabilité », on réalise un diagnostic sur l'intérêt économique du projet à partir d'un nombre limité de paramètres :

- Hauteur de chute et débit pour évaluer la puissance maximale brute et la puissance installée ;
- La longueur approximative de la conduite forcée, du canal d'amenée et des voies d'accès à créer ;
- Distance entre le lieu de production et le point de raccordement électrique ;
- Recettes et coûts engendrés par ces différents paramètres

Il est important à cette phase préliminaire de déterminer le coût de revient approximatif de l'énergie électrique produit par kW afin de comparer avec la concurrence :

Démarche :

- L'investissement nécessaire à la réalisation des ouvrages permet de calculer les frais financiers annuels. Ajoutés aux charges d'exploitation annuelles ils forment les dépenses annuelles ;
- Les dépenses annuelles divisées par la production annuelle d'électricité donnent le prix de revient de celle-ci.

Au stade « études de faisabilité », il est important d'avoir évalué plusieurs variantes, tant sur les plans technique, environnemental et financier. Ces évaluations permettent de dégager la variante correspondant au meilleur compromis.

A ce stade, le promoteur doit avoir défini les caractéristiques essentielles de son projet.

Au stade « études d'exécution », les coûts poste par poste sont affinés. Le promoteur met au point les équipements définitifs et finalise son budget d'investissement avec les modalités de financement.

3.3.3.2. Méthodes d'évaluation de la rentabilité.

Un certain nombre de méthodes est utilisé pour apprécier la rentabilité financière des différentes variantes du projet, il s'agit entre-autre de :

a) Méthode de temps de retour brut sur investissement

Elle détermine le nombre d'années requis pour couvrir le capital investi grâce aux recettes nettes dégagées par le projet

b) Méthode de retour sur investissement

Le retour sur investissement calcule les bénéfices annuels moyens, nets des coûts annuels, tels que les coûts d'amortissement, et s'exprime comme un pourcentage de la valeur comptable d'origine de l'investissement.

c) Méthode de valeur actuelle nette

Cette méthode permet le classement des propositions diverses d'investissement. La valeur actuelle nette est égale à la valeur actuelle des recettes futures, actualisée à un coût d'accès au capital (taux d'actualisation), diminuée de la valeur actuelle du coût d'investissement. La différence entre les recettes et les dépenses, à un taux d'actualisation périodique fixe, est la valeur actuelle nette de l'investissement.

d) Méthode de bénéfice-coût (Coûts-avantages)

Elle compare la valeur actuelle des bénéfices de la microcentrale et les investissements. Elle compare le flux des recettes avec les flux des dépenses. Les projets ayant un rapport inférieur à 1, sont écartés.

e) Méthode du taux de rentabilité interne

Elle permet de prendre en compte la valeur temporelle de l'argent. Elle détermine principalement le taux d'intérêt qui équilibre, sur la durée du projet prise en compte. Une fois le TRI connu, il peut être comparé aux taux correspondants à d'autres projets ou investissements.

Le prix de vente de l'énergie électrique est fixé au prix de revient augmenté d'une marge réglementaire de 20%.

4. INCITATIONS

4.1. Avantages accordés par la Loi n°004/2002 du 21 février 2002 portant Code des Investissements

- Exonération totale, pour les investissements d'utilité publique, des droits et taxes à l'importation pour les machines, l'outillage et les matériels neufs, les pièces de rechange de première dotation ne dépassant pas 10% de la valeur CIF ;
- Exonération totale des droits et taxes à l'importation, pour les machines, l'outillage et les matériels neufs ainsi que les pièces de rechange de première dotation ne dépassant pas 10% de la valeur CIF desdits équipements ;
- Exonération des droits et taxes à l'exportation de tout ou partie des produits finis, ouvrés ou semi-ouvrés dans des conditions favorables pour la balance des paiements ;
- Exonération totale, pour les bénéfices et profits réalisés par les investissements nouveaux agréés ;
- Exonération de l'impôt sur la superficie de concessions foncières et des propriétés bâties ;
- Exonération du droit proportionnel lors de la constitution ou de l'augmentation du capital des Sociétés Anonymes.

4.2. Avantages accordés par le Décret n°18/054 du 27 décembre 2018 portant mesures d'allègement fiscaux et douaniers applicables à la production, à l'importation et à l'exportation de l'énergie électrique

Avantages accordés dans le cadre du Décret n°18/054 du 27 décembre 2018 portant mesures d'allègements fiscaux et douaniers applicables à la production, à l'importation et à l'exportation de l'énergie électrique ; par dérogation aux dispositions de l'article 1^{er} :

- L'énergie électrique, les biens d'équipements, les matériels, les outillages et les pièces détachées importés et destinés exclusivement à la production, au transport, à la distribution et à la commercialisation de l'électricité bénéficient de la suspension de la perception des droits de douane et de la taxe sur la valeur ajoutée (TVA) à l'importation ;
- L'exportation de l'énergie électrique est soumise au paiement des droits de douane au taux d'1%.

5. ANAPI : SERVICE DE FACILITATION DES INVESTISSEURS ETABLIS ET POTENTIELS

L'ANAPI est un Etablissement Public chargé de la promotion des investissements et placé sous la tutelle du Vice-Premier Ministre, Ministre du Plan. Elle joue le rôle d'interface entre le secteur public et le secteur privé en matière d'accompagnement et de facilitation des investisseurs.

→ Son rôle de facilitateur consiste à :

1. fournir des informations et l'assistance nécessaire aux investisseurs en prospection d'affaires en RDC ;
2. répondre aux préoccupations des investisseurs afin de transformer leurs attentes et espérances en projets concrets ;
3. faciliter les contacts des investisseurs avec les services administratifs locaux et autres partenaires pour l'obtention des licences et autorisations nécessaires à l'implantation de leurs projets d'investissement au pays ;
4. faciliter également les contacts entre investisseurs potentiels et opérateurs économiques en vue de la mise en place de partenariat et de l'accroissement des marchés existants dans un secteur donné ;
5. disséminer de manière proactive dans le monde des affaires les opportunités d'investissement en RDC.

→ Son accompagnement administratif consiste à :

1. La réception et l'instruction des projets d'investissement à agréer dans le cadre du Code des investissements et des projets d'investissement régis par des lois particulières, en vue de décider de l'agrément de ceux qui relèvent du Code des Investissements, ou d'émettre des avis techniques sur les autres ;
2. La surveillance des engagements souscrits par les promoteurs des investissements agréés au bénéfice des avantages du Code des Investissements et, en cas de manquement, la possibilité de proposer à l'autorité de tutelle ou aux autorités compétentes, avec des avis motivés, des sanctions à prendre.

En sus aux services sus-évoqués, l'ANAPI à travers le Service After Care, offre d'autres services, répartis comme suit :

a) Administratifs :

- Obtention des permis et des autorisations d'exploitation ;
- Obtention des permis de travail pour les ressortissants étrangers ou conjoints ;
- Aide à trouver un logement pour le personnel de la société ou des écoles pour leurs enfants, etc

b) Opérationnels :

- Soutien à la formation ;
- Aide à la promotion des exportations ;
- Identification des fournisseurs locaux ;
- Développer des centres d'incubation pour améliorer la productivité, etc.

c) Stratégiques :

- Encourager et soutenir le développement des activités à forte valeur ajoutée ;
- Disponibiliser les normes de production aux producteurs locaux, etc.

6. GLOSSAIRE

Achat pour revente : achat de l'énergie électrique pour la revendre à des clients

Affermage : contrat dans lequel l'Etat, propriétaire des installations ou équipements, en confie l'exploitation à un opérateur qui tire sa rémunération du produit de cette exploitation et verse au propriétaire un loyer dont le montant est convenu à l'avance, indépendamment des résultats d'exploitation.

Agrément : autorisation octroyée par l'autorité compétente à une personne physique ou morale pour la fourniture des biens ou la prestation des services dans le secteur de l'électricité.

Alternateur : équipement permettant de transformer l'énergie mécanique provenant d'une turbine en énergie électrique voir générateur.

Auto-producteur : Toute personne physique ou morale produisant de l'énergie électrique pour sa propre consommation

Autorité compétente : autorité publique habilitée à conclure, signer ou délivrer les actes juridiques nécessaires à la réalisation des activités visées par la loi sur le secteur de l'électricité.

Autorisation : acte juridique délivré par l'autorité compétente permettant la réalisation des activités visées par la loi sur le secteur de l'électricité.

Aspirateur (ou diffuseur) : conduite d'évacuation à la sortie de la turbine qui permet la récupération de l'énergie cinétique résiduelle que possède l'eau en sortie des turbines à réaction.

Barrage-poids : ouvrage de retenue qui résiste à la poussée de l'eau par son poids propre.

Bassin versant : surface drainée par le cours d'eau et ses affluents en amont en un point particulier.

Batardeau : ouvrage provisoire construit dans un cours d'eau pour détourner ou contenir les eaux pendant les travaux.

Bief amont : partie d'un cours d'eau ou d'un réservoir qui précède immédiatement un ouvrage hydraulique.

Bief aval : portion du cours d'eau qui reçoit, en aval d'un barrage ou d'une centrale, les eaux turbinées, déversées ou évacuées.

Bien : terrain, bâtiment, installation, équipement ou tout autre matériel exploité par un opérateur.

Canal d'amenée : canal ouvert à faible pente qui achemine l'eau depuis la prise d'eau jusqu'à une chambre de mise en charge (s'il existe des conduites forcées à l'aval) ou directement vers la centrale pour les aménagements de basse chute.

Canal de fuite : canal de décharge situé après la turbine et qui rejoint le cours d'eau.

Cahier des charges : document établi par l'autorité compétente et définissant les exigences qu'elle requiert, les méthodes à utiliser, les moyens à mettre en œuvre, les préoccupations dont il faut tenir compte ainsi que les résultats escomptés.

Centrale hydroélectrique : installation utilisant la force motrice de l'eau pour produire l'électricité.

Centrale hydroélectrique à haute chute : centrale dont la hauteur de chute dépasse 100 mètres.

Centrale hydroélectrique de moyenne chute : centrale dont la hauteur de chute est comprise entre 20 et 100 mètres.

Centrale hydroélectrique de basse chute : centrale dont la hauteur de chute est inférieure à 20 mètres.

Centrale au fil de l'eau et centrale d'éclusées : la centrale au fil de l'eau a un réservoir d'une durée de remplissage inférieure à 2 heures ; elle utilise le débit tel qu'il se présente. La centrale d'éclusées a un réservoir d'une durée de remplissage comprise entre 2 et 400 heures, ce qui permet de stocker l'eau pour la turbiner aux heures de forte consommation.

Chambre de mise en charge : bassin d'eau habituellement situé entre l'extrémité aval du canal d'amenée et le début de la conduite forcée qui mène à la centrale et permettant d'éviter l'intrusion d'air dans les structures sous pression (conduites).

Cheminée d'équilibre : c'est un ouvrage situé à la jonction d'une galerie d'amenée en charge et d'une ou plusieurs conduites forcées et qui sert à réduire ou à éliminer les surpressions.

Chute brute : différence d'altitude entre les plans d'eau de la prise d'eau et de la sortie de l'aspirateur.

Chute nette : chute disponible pour une génération d'énergie par la turbine, définie comme la chute diminuée de toutes les pertes de charges.

Client : tout acheteur de l'électricité lié par un contrat à un fournisseur.

Client éligible : tout consommateur, final ou non, qui répond aux conditions fixées par la loi sur l'électricité pour choisir son fournisseur de l'énergie électrique.

Client final : tout consommateur, personne physique ou morale, achetant l'énergie électrique au fournisseur en charge du service public de l'électricité pour sa propre consommation.

Concession de service public : contrat par lequel un opérateur s'engage à gérer un service public contre une rémunération versée par les usagers et à reverser à la personne publique une redevance destinée à contribuer à l'amortissement des investissements réalisés.

Conduite forcée : conduite (habituellement en acier, fonte ou béton, occasionnellement

en matières plastique) qui achemine l'eau sous pression de la chambre de mise en charge vers la turbine.

Commercialisation : ensemble des opérations liées à la vente de l'électricité.

Courbe de débits classés : courbe représentant l'historique des débits d'un cours d'eau et représentées selon des débits décroissants.

Crédit carbone : mécanisme de développement propre qui conditionne le financement compensatoire d'un projet de réduction de gaz à effet de serre.

Débit d'équipement : c'est le débit correspondant à la capacité maximale des équipements de la microcentrale hydroélectrique.

Débit d'étiage : il s'agit, le plus souvent, du débit dépassé en moyenne 355 jours par an.

Débit d'infiltration : partie du débit d'une rivière fournie par l'eau souterraine s'écoulant lentement à travers le sol et émergeant dans la rivière à travers les berges et les lits.

Débit des hautes eaux : il s'agit du débit dépassé en moyenne 10 jours par an.

Débit moyen annuel ou module : c'est le quotient du volume d'eau écoulé dans l'année par le nombre de secondes ($3,15 \times 10^7$). Le module moyen interannuel calculé sur au minimum cinq années est plus significatif. Il est exprimé en m^3/s .

Débit réservé : la législation impose de maintenir dans le lit court-circuité d'un cours d'eaux aménagées, un débit minimal garantissant en permanence la vie, la circulation et la reproduction des espèces. Ce débit ne doit pas être inférieur au dixième du module interannuel.

Débit spécifique : c'est le quotient du débit, en un point du cours d'eau, rapporté à la surface du bassin versant relatif au point considéré. Il s'exprime le plus souvent en litre par seconde et par km^2 ($l/s/km^2$)

Déclaration : formalité administrative accomplie auprès de l'autorité compétente en vue d'exercer certaines activités prévues par la loi sur l'électricité.

Dégrilleur : dispositif d'une centrale hydroélectrique qui a pour fonction d'empêcher que les débris flottants (avant tout les feuilles et les branches) ne parviennent à colmater la turbine.

Délégation : contrat par lequel l'Etat confie la gestion de tout ou partie du service public de l'électricité à une personne physique ou morale de droit public ou privé.

Demande électrique : somme de puissances électriques instantanées demandées par l'ensemble des clients branchés sur le réseau.

Dessableur : bassin plus large que le canal et dans lequel la vitesse de l'eau est suffisamment ralentie pour que les particules solides s'y déposent.

Distribution de l'énergie électrique : exploitation des réseaux électriques de

moyenne et basse tension destinés à fournir de l'énergie électrique depuis les points d'alimentation jusqu'à l'utilisateur final.

Electricité : énergie générée à partir des sources primaires, des matières primaires minérales ou des sources d'énergie renouvelables.

Energie : travail, mesuré en Joules. Le terme pour l'énergie électrique généralement utilisée est le kilowattheure (kWh) et représente la puissance (kilowatts) fonctionnant pendant une certaine période de temps (heures) $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ Joules}$.

Enrochements : matériaux de revêtement de pierres, de roche brisée ou de blocs en béton, placés en couches et servant de protection contre l'érosion.

Entreprise d'électricité : tout opérateur exerçant l'une des activités relatives à la production, au transport, à la distribution ou à la commercialisation de l'électricité.

Entreprise ou prestataire de service d'électrification : personne morale ou physique qui réalise les prestations dans le secteur de l'électricité.

Etat : le pouvoir central, la Province et l'entité territoriale décentralisée.

Evacuateur de crue : dispositif destiné à permettre le passage des débits de crues au droit d'un barrage afin d'éviter que celui-ci ou ses fondations ne soient endommagées par submersion ou par affouillement.

Expert indépendant : personne morale ou physique justifiant les capacités techniques pour assurer le contrôle et l'inspection des installations de production, de transport, de distribution d'électricité, ainsi que des installations des consommateurs de l'électricité, conformément à la loi sur l'électricité.

Exploitant indépendant : personne physique ou morale, de droit public ou privé, bénéficiant d'une licence, d'une autorisation ou déclaration et disposant de moyens de production d'électricité et, le cas échéant d'un réseau intérieur pour ses propres besoins, dont l'excédent peut être utilisé pour alimenter un réseau de transport ou de distribution.

Exportation de l'électricité : vente de l'énergie électrique produite en RDC sur le marché d'un pays étranger.

Gabion : panier métallique, formé de treillis métallique en fil inoxydable, rempli de cailloux

Générateur : équipement permettant de transformer l'énergie mécanique provenant d'une turbine en énergie électrique voir alternateur.

Grand compte : client de grandes quantités d'énergie électrique.

Grille : structure constituée d'une série de barreaux métalliques espacés de manière égale et permettant d'éviter l'intrusion d'embâcles dans la structure aval

Importation de l'électricité : achat de l'énergie électrique produite dans un pays étranger pour sa mise en vente ou son utilisation sur le territoire de la RDC.

Installation : terrain, bâtiment, usine ou ensemble d'équipements exploités pour le besoin de la production, du transport ou de la distribution de l'énergie électrique.

Inter connecteur : équipement utilisé pour relier des réseaux électriques entre eux.

Interconnexion : action de relier des réseaux électriques entre eux.

Licence : acte juridique délivré par l'autorité compétente à un opérateur lui permettant d'exercer une activité précise dans le secteur de l'électricité.

Microcentrale : centrale dont la puissance est comprise entre 51 kW et 500 kW

Mini centrale : centrale de puissance comprise entre 501 kW et 2000 kW

Ministre : membre du gouvernement central ayant le secteur de l'électricité dans ses attributions.

Normes : spécifications techniques conventionnelles pour évaluer et apprécier les seuils de qualité et de performance de services ou équipements électriques.

Opérateur : personne physique ou morale de droit public ou privé exerçant une activité dans le secteur de l'électricité.

Ouvrage : installation réalisée suivant des spécifications techniques bien définies pour la production, le transport ou la distribution de l'énergie électrique.

Ouvrage de vidange : ouvrage permettant d'abaisser le niveau d'eau de la retenue pour rendre possible la visite et l'entretien du barrage. Il permet également d'effectuer dans certains cas des chasses pour évacuer les vases accumulées, ou d'évacuer une partie du débit pendant les crues.

Palplanche : profilé métallique autobloquant de section spéciale, planté dans un sol meublé ou immergé pour former une paroi étanche.

Pertes de charge : perte de hauteur de chute d'eau ou pertes de pression dues à la vitesse de l'écoulement et au frottements de l'eau contre les parois des tuyaux et dans les coudes, vannes, grilles, etc.

Pico centrale : une centrale de puissance inférieure à 50 kW

Poste : installations de transformation de l'énergie électrique MT en HT/THT ou HT en THT ou THT/HT en MT pour le transport de l'électricité ou pour l'alimentation des sous stations ou des clients HT ou MT éligibles.

Producteur : personne physique ou morale de droit public ou privé, habilité à exploiter une installation pour générer l'énergie électrique.

Producteur indépendant : producteur privé qui vend toute sa production de l'énergie électrique à des tiers.

Production : génération d'énergie électrique ainsi que toute activité auxiliaire jusqu'aux points d'alimentation des réseaux de transport.

Production : quantité de courant (ou d'énergie) délivrée par une centrale.

Puissance : taux d'énergie produit, transporté ou consommé par unité de temps. Mesuré en joules/sec ou watts. Souvent exprimée en kilowatts (kW).

Puissance installée : puissance totale maximum des unités de production d'une centrale hydroélectrique.

Raccordement : connexion physique d'une installation au réseau public d'électricité de façon à lui permettre d'échanger avec le réseau la totalité de la puissance que le demandeur du raccordement souhaite injecter ou soutirer. Le raccordement est un préalable à l'accès des utilisateurs aux réseaux publics d'électricité.

Régie intéressée : contrat par lequel l'opérateur s'engage, sans en assumer les risques, à gérer un service public contre une rémunération, fonction d'une formule d'intéressement aux résultats.

Régulation : mécanisme de contrôle à priori et à posteriori, de promotion de la concurrence, de défense des intérêts des usagers, d'arbitrage de la tarification et de règlement des litiges entre les opérateurs ainsi qu'entre ceux-ci et les consommateurs.

Rendement : rapport calculé en divisant la puissance sortant d'une machine ou d'une installation donnée par la puissance introduite

Réseau de transport : ensemble d'installation permettant l'acheminement de l'énergie électrique jusqu'aux distributeurs et aux grands comptes.

Réseau inter connecté : ensemble d'installation de production, de transport et de distribution connectées et couplées par des lignes électriques.

Seuil : barrage de faible hauteur surélevant le plan d'eau pour permettre uniquement la dérivation des débits utilisés (amenée d'une petite centrale ou d'un canal d'irrigation).

Services auxiliaires : installations liées aux systèmes de production, de transport ou de distribution de l'énergie électrique.

Service public de l'électricité : toute activité de production, de transport ou de distribution de l'énergie électrique.

Servitude : charges imposées à une propriété publique ou privée en vue de remplir une mission de service public de l'électricité.

Sources d'énergie primaires : sources d'énergie existante dans leur état naturel qui peuvent être soit utilisées directement en tant que combustible, comme les matières organiques telles que le pétrole, houille, charbon, tourbe, gaz, uranium, soit dérivées des sources d'énergie renouvelables telles que hydraulique, solaire, géothermique, énergie éolienne et la biomasse.

Sources d'énergie renouvelables : sources d'énergie qui existent naturellement et qui sont inépuisables à l'échelle des temps humains ou qui se recyclent au fil du temps sans perturber le cycle climatique.

Sous-station : installation de transformation de l'énergie électrique BT en MT ou MT de valeur donnée en MT d'une autre valeur pour son acheminement direct vers les installations de clients MT ou vers les cabines MT/BT qui abaissent cette énergie pour les clients finaux BT.

Standards : spécifications techniques conventionnelles requises dans le dimensionnement de la réalisation d'installations électriques et de la fabrication des matériels et équipements.

Système interconnecté : ensemble de réseaux électriques reliés aux moyens d'un ou des plusieurs inter connecteurs.

Tension : différence de potentiel permettant l'écoulement de l'électricité entre deux points d'un circuit électrique ayant comme unité de mesure le volt(V) et comme plages conventionnelles :

- Très haute tension, THT, correspondant à la tension supérieure à 250.000 V soit 250 kV.
- Haute tension, HT, correspondant à tension supérieure à 36.000 V, soit 36 kV et inférieure à 250.000 V soit 250 KV.
- Moyenne tension, MT, correspondant à une tension supérieure à 1.000 V, soit 1 kV et inférieure à 36.000 kV, soit 36 kV.
- Basse tension, BT, correspondant à la tension inférieure ou égale à 1.000 V, soit 1kV.

Transformateur : équipement électrique permettant soit d'abaisser ou soit d'élever la tension d'un courant électrique.

Transport d'énergie électrique : exploitation d'un réseau destiné à la conduite de l'énergie électrique depuis les sources de production jusqu'aux points d'alimentation du réseau de distribution et/ou de grand compte.

Transporteur : opérateur assurant le transport de l'énergie électrique.

Tronçon court-circuité : il s'agit de la partie du cours d'eau dont le débit est réduit par le détournement d'une partie des eaux.

Turbine : c'est l'équipement qui transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique

Usager : personne physique ou morale connectée au réseau de distribution en vue d'être approvisionnée en énergie électrique au point de livraison.

Vanne : dispositif de réglage du débit ou de fermeture d'une conduite ou d'un orifice. On distingue différents types de vannes : vanne-clapet, vanne à glissières, vanne wagon, vanne papillon, etc

7. QUELQUES ADRESSES UTILES

L'Agence Nationale pour la Promotion des Investissements (ANAPI)

33c, croisement du boulevard du 30 juin et l'avenue 1^{er} Mall ex.-TSF,

Commune de la Gombe

Tél : +243999925026

E-mail : anapi@investindrc.cd

Site web : www.investindrc.cd

Ministère des Ressources hydraulique et Energie

Croisement des avenues Huileries et du Boulevard du 30 juin

Immeuble REGIDESO

Kinshasa/Gombe

Adresse e-mail : rdcministereenergie@yahoo.fr

Autorité de Régulation du Secteur de l'Electricité

Appartement 1006, Immeuble CTC, 10^{ème} étage,

Tél : +243 825005025

Kinshasa/Gombe

Société Nationale d'Electricité « SNEL »

2831, Avenue de la Justice

BP 500 Kinshasa/Gombe

Tél : +243 816 076 254

Adresse e-mail : sneldg@ic.cd

Site web : www.snel.org

Agence de Congolaise de l'Environnement

Boulevard du 30 juin

Immeuble Royale

Kinshasa/Gombe

Fédération des Entreprises du Congo (FEC)

10, avenue des aviateurs, Kinshasa/Gombe

Tél : +243 8124888909

Site web : www.fec-rdc.com

Confédération des Petites et Moyennes Entreprises du Congo (COPEMECO)

10^{ème} rue Limete Résidentiel

Tél : +243 81 21 96 653.

Table des matières

Liste des sigle et acronymes.....	5
Editorial	7
1. Généralités sur les microcentrales hydroelectriques	9
1.1. Technologie des microcentrales hydroelectriques	9
1.1.1. Définition.....	9
1.1.2. Principe de Fonctionnement.....	9
1.1.3. Différentes Composantes D'une Microcentrale Hydroélectrique	10
1.1.3.1. Les ouvrages de prise d'eau	10
1.1.3.2. Les ouvrages d'amenée et de mise en charge.....	11
1.1.3.3. Les équipements de production.....	11
1.1.3.4. Les ouvrages de restitution	11
1.1.4. Modes de Fonctionnement d'une Microcentrale Hydroélectrique.....	12
1.1.4.1. Aménagement au fil de l'eau :	13
1.1.4.2. Aménagement à écluse.....	13
1.1.4.3. Aménagement à réservoir.....	13
1.1.5. Différents Types d'aménagement De Centrales et les Différents Modes De Fonctionnement.	13
1.1.5.1. Les types d'aménagement.....	13
1.1.5.1.1. L'aménagement par dérivation :.....	13
1.1.5.1.2. L'aménagement par accumulation.	13
1.1.5.2. Les types d'installation selon la hauteur de chute.....	13
1.1.5.2.1. Les centrales hydrauliques basses chutes	14
1.1.5.2.2. Les centrales hydrauliques moyennes chutes.....	14
1.1.5.2.3. Les centrales hydrauliques hautes chutes.....	14
1.1.6. Les grandeurs caractéristiques d'une microcentrale hydroélectrique ...	14
1.1.6.1. Définitions	14
1.1.6.2. Les grandeurs caractéristiques.....	15
1.2. Les étapes d'un projet d'aménagement d'une microcentrale hydroélectrique.....	16
2. Les différentes phases pour la conception et la construction d'une microcentrale hydroelectrique.....	17
2.1. Introduction.....	17
2.2. Différentes phases du projet	17
2.2.1. Etudes De Préfaisabilité (Etudes Préliminaires)	18
2.2.2. Etudes de faisabilité (Avant-Projet Sommaire).....	18
2.2.3. Etudes D'exécution (Avant-Projet Détaillé)	18
2.2.4. Exécution Des Travaux	19
2.3. Tableau synthese du déroulement du projet	20
3. Types d'études a réaliser	21
3.1. Etudes techniques.....	21
3.1.1. Détermination de la puissance	21

3.1.1.1. Mesure des débits	22
3.1.1.2. Mesure de la hauteur de la chute	22
3.1.1.3. Courbes de débits	23
3.1.1.4. Dimensionnement de la microcentrale hydroélectrique.....	23
3.1.2. Evaluation des sites	24
3.1.2.1. Cartographie	24
3.1.2.2. Etudes géotechniques.....	24
3.1.3. Ouvrages de génie civil	25
3.1.3.1. Ouvrages de prise d'eau.....	25
3.1.3.2. Ouvrages d'amenée et de mise en charge	26
3.1.3.3. Bâtiments d'usine	26
3.1.3.4. Ouvrages de restitution.....	27
3.1.4. Equipements de production de l'énergie électrique.....	27
3.1.4.1. Centrales	27
3.1.4.2. Turbines	28
3.1.4.3. Générateurs de courant.....	29
3.1.4.4. Multiplicateurs de vitesse.	29
3.1.4.5. Système de régulation.....	30
3.1.4.6. Le système de contrôle-commande	30
3.1.4.7. Evacuation et Livraison de l'électricité	31
3.2. Les études environnementales	32
3.2.1. Objectifs principaux de l'étude d'impact environnemental et social	32
3.2.2. Contenu d'une d'étude d'impact environnemental et social.....	33
3.2.3. Conduite de l'étude d'impact environnemental et social.....	34
3.2.4. Suivi environnemental.....	34
3.2.4.1. Suivi environnemental en phase travaux	34
3.2.4.2. Suivi environnemental en phase exploitation de l'ouvrage	34
3.2.4.3. La démarche de certification iso 14001 « environnement »	35
3.2.5. Plan de Gestion Environnementale et Sociale	35
3.2.5.1. Objectifs du PGES	36
3.2.5.2. Cadre institutionnel de l'élaboration et mise en œuvre du PGES	37
3.2.5.3. Le contenu d'un Plan de Gestion Environnementale et Sociale.....	37
3.2.5.4. Plan De Gestion Des Déchets De Chantier	37
3.2.5.5. Surveillance et suivi environnemental	37
3.2.6. Plan d'action et de réinstallation	38
3.3. Etudes economico-financières	38
3.3.1. Cout d'installation d'une microcentrale hydroélectrique	38
3.3.1.1. Coût des études.....	39
3.3.1.2. Coût de la construction	39
3.3.1.3. Sources de financement	40
3.3.2. Coûts d'exploitation previsionnels	41
3.3.2.1. Débouchés De L'hydroélectricité	41

3.3.2.2. Coûts d'exploitation d'une microcentrale hydroélectrique.....	41
3.3.3. Calcul de la rentabilité financière	43
3.3.3.1. Les étapes des études financières	43
3.3.3.2. Les méthodes d'évaluation de la rentabilité.....	43
4. Incitations.....	45
4.1. Avantages accordés par la loi n°004/2002 du 21 février 2002 portant code des investissements	45
4.2. Avantages accordés par le décret n°18/054 du 27 décembre 2018 portant mesures d'allègement fiscaux et douaniers applicables à la production, à l'importation et à l'exportation de l'énergie électrique	45
5. Anapi : service de facilitation des investisseurs établis et potentiels.....	46
6. Glossaire.....	48
7. Quelques adresses utiles	55