

Sommaire

Chapitre I Généralité sur les turbines et la station hydroélectrique

I.1	Les turbines hydrauliques.....	4
I.1.1	Définition d'une turbine hydraulique.....	4
I.1.2.	Les types des turbines hydrauliques.....	5
I.1.2.1	Turbines à action	5
I.1.2.1.1	Turbine PELTON.....	5
I.1.2.1.2	Turbine crossflow.....	6
I.1.2.2	Turbines à réaction	7
I.1.2.2.1	Turbine Francis.....	7
I.1.2.2.2	Pompe inversée	8
I.1.2.2.3	Turbine Kaplan	8
I.2	Paramètres communs des turbines.....	9
I.2.1.	Puissance hydraulique d'une turbine.....	9
I.2.2.	puissance mécanique, vitesse de rotation spécifique d'une turbine	10
I.2.2.1	Puissance mécanique	10
I.2.2.2	Vitesse de rotation spécifique.....	11
I.2.2.3.	Courbes caractéristiques à vitesse constante	11
I.2.2.4	Courbes caractéristiques à vitesse variable	13
I.3	Classification des turbines – vitesse spécifique.....	14
I.4.	Résumé des principaux types de turbines et de leur domaine d'application.....	15
I.5.	Centrale hydro-électriques	17
I.5.1.	Principe de fonctionnement	17
I.5.2.	Structure d'une centrale de production de l'électricité	18
I.5.3	Turbine	18
I.5.4.	Générateur	18
I.5.5	Différent type de générateurs.....	19

Sommaire

I.5.6.	Multiplicateur de vitesse et systèmes de régulation	19
I.5.7.	Transformateur	20

Chapitre II description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

II .1	Description de la station de dessalement de HONAINE	22
II .2.2	Pompage des eaux de mer	23
II .2.3	Description du transfert HONAINE-TLEMCEN... ..	23
II .2.4	Le transfert HONAINE-SIDI AHMED	25
II .3	Les stations de pompages de transfert HONAINE- SIDI AHMED	26
II .3.1	La station de pompage HSP1	26
II .3.1.1	Caractéristique de HSP1	26
II.3.2.1.2	Principe de fonctionnement de la station	27
II .3.1.3	Réservoir de stockage RT1	28
II .3.2	La station de pompage HSP2	28
II.3.2.2.1	Principe de fonctionnement de la station HSP2	29

Chapitre III L'étude de récupération de l'énergie électrique

III.1	Présentation de transfert RT1-RT2.....	31
III .2	Calcul hydraulique du tronçon RT1-RT2	31
III. 2.1	Débit qui circule sur le tronçon RT1-RT2	31
III.2.2	Les piquages sur le tronçon RT1-RT2	32
III .2.3	Le débit de chaque point kilométrique	32
III. 2.4	Calcul de la vitesse	32
III.3	Le choix de la turbine	33
III.4	Calcul hydraulique au point1	35
III.4.1	Calcul les pertes de charge linéaire	35
III.4.2	Calcul les pertes de charges singulières	36
III.4.3	Calcul de la hauteur de chute.....	36

Sommaire

III.4.4	Calcul de la pression au point 1	37
III .5	Les dimensionnements de la centrale hydroélectrique	37
III.5.1	Calculer de la puissance absorbée par la turbine au point 1 (la puissance hydraulique).....	37
III. 5.2	La puissance développée parla turbine (la puissance mécanique)	38
III.5.3	La puissance apparente.....	39
III. 5.4	La puissance réactive	39
III. 5.5	La puissance active	39
III.5.6.	Énergie électrique de la station HSP1	40
III.5.7	Démarrage des pompes à partir du point 1	40
III.6	Les dimensions de la turbine au point 1.....	41
III .6.1	La section d'injecteur:.....	41
III.6.2	La vitesse de rotation de la turbine	42
III.6.3	La turbine est équipée à un injecteur	42
III.6.4	Nombre et dimensions des augets.....	43
III.6.5	La turbine est équipée de deux injecteurs	43
III.6.6	La turbine est équipée de trois injecteurs	44
III.7	Calcul hydraulique au point 2.....	45
III.7.1	Calcul des pertes de charges de charges	45
III.7.2	Calcul la hauteur de chute	45
III.7.3	Les dimensions de la centrale hydroélectrique	45
III.7.4	Calcul de la puissance hydraulique (puissance absorbée de la turbine).....	46
III.7.5	La puissance développée de la turbine (la puissance mécanique).....	46
III.8	Etude électrique de la centrale hydroélectrique vers la station de pompage.....	47
III.9	Rapport final du projet.....	50
III.9.1	La turbine.....	50
III.9.2	Fiche technique du générateur (fournisseur).....	50

Sommaire

III.9.3	Fiche technique de la turbine (fournisseur).....	50
III.9.4	Câble électrique.....	51
III.10	Etude économique du projet.....	52
	Conclusion générale.....	53



Liste des figures

Figure I.1	technique de production d'électricité en Algérie	4
Figure I.2	Turbine PELTON.....	5
Figure I.3	Turbine cross flow	7
Figure I.4	Turbine Francis	7
Figure I.5	Turbine KAPLAN basse chute	9
Figure I.6	Paramètre pour le calcul de la puissance hydraulique d'une turbine	10
Figure I.7	Courbe caractéristique d'une turbine à vitesse de rotation et ouverture constantes.....	12
Figure I.8	Courbe caractéristique d'une turbine sous chute constante, ouverture géométrique constante et vitesse de rotation variable	14
Figure I.9	Turbine à réaction	15
Figure I.10	Turbine à réaction	16
Figure I.11	Principe de fonctionnement d'une centrale gravitaire	17
Figure I.12	Fonctionnement d'une centrale hydraulique	18
Figure I.13	Un transformateur triphasé	20
Figure II.2	Raccordement aval AEP de la wilaya de Tlemcen.....	24
Figure III.1	Diagramme le choix des turbines	33
Figure III.2	Triangle des puissances	39
Figure III.3	Turbine à un seul injecteur	41
Figure III.4	Turbine à deux injecteurs	43
Figure III.5	Turbine à trois injecteurs	44

Liste des photos

Photo II.1	la station de dessalement HONAINE	22
Photo II.3	station de pompage HSP1	26
Photo II.4	installation des pompes HSP1	27
Photo II.5	réservoir de SOUK LKHEMISS RT1	28
Photo II.6	station de pompage HSP2.....	29



Liste des tableaux

Le tableau III.1	destination de ses piquages	31
Le tableau III.2	Calcul du débit de chaque point kilométrique	32
Le tableau III.3	Calcul de la vitesse de chaque point kilométrique.....	32
Le tableau III.6	dimensions d'injecteur.....	46
Le tableau III.7	dimensionnements de la turbine dépend le nombre d'injecteur	47

Rapport-Gratuit.com

Liste des abréviations

ADE : Algériens des eaux.

Courant de démarrage Id. A

Energie électrique KWh

GUT : groupe urbaine de Tlemcen.

HSP1 : HONAINNE station de pompage 1.

HSP2 : HONAINNE station de pompage 2

KVA: kilovolt ampère.

Le débit dans la conduite forcée m^3/j

La réactance X. Ω

Nombre des augets n.

Perte effet joule PJ. KW

Puissance apparente S KVA

Puissance réactive Q VAR

Puissance utile P KW

Pnt1 : point 1 village EL MAHJOUR.

Pnt2 : point 2 OULED BOUHAFS.

RT1 : réservoir de transfert 1.

RT2 : réservoir de transfert 2.

SDEM : station de dessalement des eaux de mer.

Vitesse d'écoulement m/s

Vitesse de rotation Rpm rotation par minute.

Résumé

Le dessalement des eaux de mer HONAINÉ est distribué vers le groupement urbain de Tlemcen.

Ce transfert fait à partir des stations de pompes ces dernière sa consomme une grande quantité énergie électrique qui doivent payer par la société ADE (algériennes des eaux) à la société de SONELGAZ.

Notre travail consiste a réaliser une station hydroélectrique sur le transfert réservoir RT1 vers le réservoir RT2 en utilisant la force motrice de l'eau.

Au cours des études hydrauliques et électriques que nous avons effectuées à partir de cette conversion, nous avons sélectionné une zone appelée OULED BOUHAFS où nous pourrions alimenter la station de SOUK EL KHEMISS en suffisamment de puissance électrique.

الملخص

عملية ضخ المياه الصالحة للشرب لولاية تلمسان تستهلك المضخات كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية و التي تكلف مبلغا كبيرا يتم تسديده من طرف شركة الجزائرية للمياه لشركة سونلغاز.

يتمثل عملنا في هذه المذكرة إلى إمكانية إنشاء طاقة متجددة و ذلك باستعمال الطاقة المائية عن طريق التحويل من الخزان RT1 إلى الخزان RT2 واختيار نقطة تسمح لنا بإنشاء محطة هيدروالكترية .

أثناء الدراسات الهيدروليكية و الكهربائية التي قمنا بها من هذا التحويل تم الاختيار على منطقة تدعى أولاد بوحفص حيث بإمكاننا تزويد محطة سوق الخميس بالطاقة الكهربائية الكافية.

Abstract

The desalination seawater of HONAINÉ is distributed to the urban group of Tlemcen.

This transfer made from the pumping stations consumes a large amount of electrical energy that must be paid by the company ADE (Algerian waters) to the company SONELGAZ.

Our job is to realize a hydroelectric station on the tank transfer RT1 to the tank RT2 using the driving force of the water.

During the hydraulic and electrical studies that we carried out from this conversion, we selected an area called OULED BOUHAFS where we can supply the SOUK EL KHEMISS station with sufficient electrical power.

Introduction générale

Introduction générale

En Algérie la consommation de l'énergie électrique connaît une augmentation significative avec l'évolution de la population et de niveau de vie.

En Algérie la production de l'électricité vient principalement du gaz naturel , quoi que notre pays dispose d'une source d'énergie inépuisable à savoir l'énergie solaire qui reste non exploité ou sous exploité , et notre source d'énergie qui peut être a coté de l'énergie solaire une alternative c'est l'énergie hydraulique, surtout lorsqu'on sait l'Algérie dispose d'un nombre non négligeable de transfert d'eau d'une région a une autre ou en consomme énormément d'énergie pour le pompage , ajouté à ceci en dispose de pas mal de barrage capable de produire de l'électricité , et la on peut citer deux barrages MEFROUCH et BENI BAHDEL .

Avec l'arrivé du dessalement d'eau de mer les eaux dessalés transférées vers les grandes villes au moyen des adductions par refoulement consommant énormément d'une énergie électrique. En plus de la facture de l'énergie électrique qui s'élève au moyen à 700 million centimes mensuelle (cas de station de pompage SOUK LKHEMISS HONAINÉ) vient s'ajouter le problème de la perturbation de la distribution de l'eau suite à des pannes dues à l'alimentation par l'énergie électrique .

L'étude de faisabilité d'une station hydroélectrique sur le transfert de la station de dessalement de la SDEM HONAINÉ vers le groupement urbain de Tlemcen (GUT) et plus précisément sur le transfert du réservoir RT1 de SOUK LKHEMISS vers le réservoir RT2 de SIDI AHMED.

Le choix de la turbine qui doit être installé à des conditions hydrauliques le débit de la conduite et la hauteur de chute d'eau pour estimer la puissance absorbé de cette turbine pour le transformé en puissance électrique ensuite pour l'utilisation.

L'objectif de notre étude est de réaliser une station hydroélectrique sur ce transfert et doit créer une énergie renouvelable. Notre étude cherche à répondre cette question : Quelle est le but de réaliser cette centrale ?

Pour répondre à cette question et mener à bien notre travail, nous allons procéder à suivre les étapes suivante : Dans un premier temps, une recherche bibliographique et documentaire. Dans un second temps, nous allons effectuer une étude sur le terrain : la

Introduction générale

collecte des informations auprès de : l'algérienne des eaux, le service technique ETRHB HADDAD, et enfin nous avons procédé à l'étape la plus importante consistant la faisabilité d'étude d'une centrale sur ce transfert.

Pour mener à bien ce travail nous avons choisi de structurer ce travail en trois (03) chapitres.

Le premier chapitre : généralités et présentation des différentes turbines existantes sur le marché, puis on va détailler et expliquer leurs types et les différents organes pour l'installation de la station hydroélectrique.

Le deuxième chapitre : la présentation du transfert d'eau à partir de la station de dessalement de HONAINA vers la station de pompage de SIDI AHMED (HSP2) et les caractéristiques hydrauliques de chaque station.

Le troisième chapitre : présentation des études sur le tronçon 3 qui est de RT1 vers RT2 et on choisira la turbine adaptée, on fera les calculs sur deux points choisis, on fera une comparaison entre les deux pour prendre la plus favorable avec une énergie électrique équivalente de la station de SOUK LKHEMISS. Enfin, nous ferons une étude économique de la réalisation de cette station.

Chapitre

I

Généralité sur les turbines et les stations hydroélectriques

Chapitre I : Généralité sur les turbines et les stations hydroélectriques

Les impératifs de préservation de l'environnement imposent l'utilisation du gaz naturel comme énergie primaire pour la production d'électricité, par rapport aux autres énergies fossiles jugées polluantes, sachant que la ressource du gaz est largement disponible en Algérie [1]

Mais la préoccupation environnementale exige aussi de développer d'autres énergies dites propres et renouvelables comme l'énergie hydraulique qui est considérée comme l'énergie renouvelable la plus faible en Algérie (voir la figure I.1) [21].

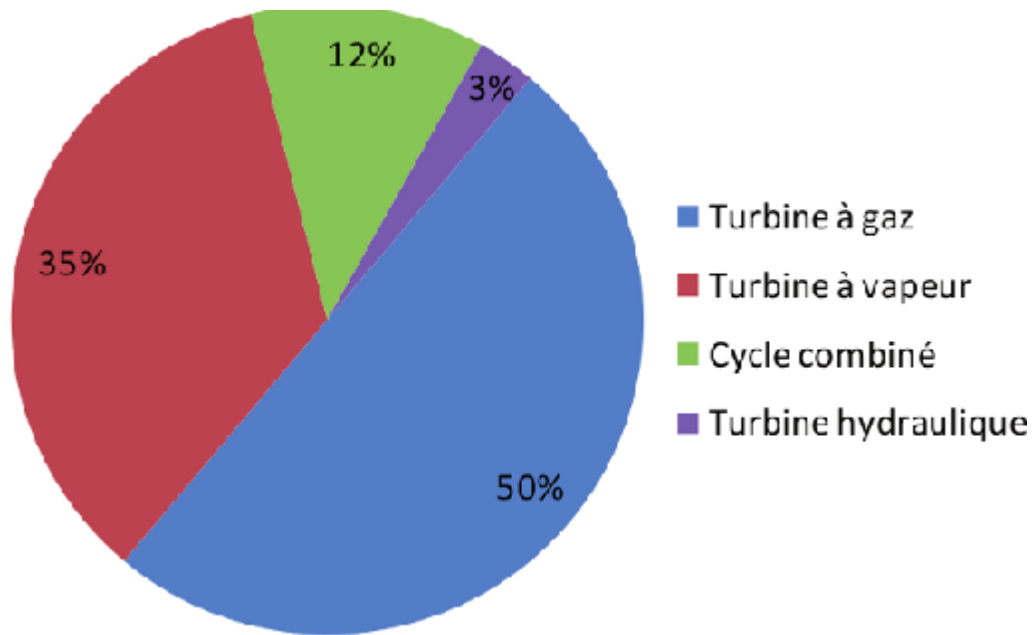


Figure I.1 Technique de production d'électricité en Algérie [21]

I.1. Les turbines hydrauliques

I.1.1. Définition d'une turbine hydraulique

La turbine hydraulique est une machine tournante son rôle est de transformer l'énergie de l'eau en énergie mécanique de manière à faire tourner un alternateur qui produit un courant électrique [1].

Les turbines hydrauliques peuvent être classées en deux catégories :

-Turbine à action : l'énergie de l'eau à la sortie de l'injecteur ou de distributeur est entièrement sous forme cinétique et l'eau à cet endroit se trouve à la pression atmosphérique. On trouve dans cette catégorie les turbines Pelton et banki ;

-Turbine à réaction : l'énergie à la sortie de distributeur se trouve à la fois sous forme de pression et d'énergie cinétique. La pression de l'eau est supérieure à la pression atmosphérique. On trouve dans cette catégorie les turbines Francis hélice et Kaplan [22].

I. 1.2. Les types des turbines hydrauliques

I. 1.2.1. turbine à action

I.1.2.1.1 .Turbine PELTON

La turbine Pelton, est une turbine à injection partielle et à veine libre ; sa roue tourne dans l'air. La détente de l'eau jusqu'à la pression atmosphérique est donc effectuée entièrement dans le distributeur de la machine, l'énergie étant disponible à l'entrée de la roue uniquement sous forme d'énergie cinétique, ce qui correspond à la définition d'une machine à action. Cette turbine ne comporte pas de diffuseur ; à la sortie de la roue, l'eau s'écoule librement (voir la figure I.2) [2].



Figure I.2 Turbine PELTON [3]

a) Distributeur

Le distributeur d'une turbine Pelton est formé d'un ou de plusieurs injecteurs ; on distingue ainsi les turbines à un jet et les turbines à jets multiples. L'injecteur est constitué d'une tuyère appelée buse dont la section de passage est réglable par le déplacement d'un pointeau ou aiguille d'injection. Un déflecteur coiffe l'extrémité de la buse d'un nez demi-cylindrique qui enveloppe et affleure le jet sortant de l'injecteur ; ce déflecteur a pour mission de dévier brusquement le jet de la roue en cas de décharge accidentelle de la machine et d'éviter ainsi l'emballement de celle-ci [2].

b) la roue

La roue d'une turbine Pelton est formée d'un disque portant des augets en forme de doubles cuillères avec arête médiane et échancrure. L'axe du jet sortant d'un injecteur est tangent à la circonférence de la roue dont le diamètre est par définition le diamètre nominal de la machine. L'eau frappe les demi-augets symétriquement par rapport à l'arête qui les sépare elle sort de l'injecteur à une vitesse à peu près double de la vitesse tangentielle moyenne des augets : la forme de l'échancrure et le nombre d'augets sont déterminés de telle sorte que la totalité du débit travaille dans les augets sans perte par faulxement. La montre un auget attaqué de plein fouet et le jet se partageant entre deux augets successifs ; elle met ainsi en évidence l'arête centrale et le rôle de l'échancrure [2].

I.1.2.1.2 turbine cross flow

Elle s'appelle aussi turbine à flux ou bien banki-Mitchell c'est un type de turbine qui a tendance à être utilisé dans des sites hydroélectriques plus petits avec des puissances comprises entre 5 et 100 kW. Ces turbines sont utiles pour une large gamme de têtes hydrauliques, de seulement 1,75 à 200 mètres, bien que les turbines à flux croisés soient généralement choisies pour les têtes de moins de 40 mètres [4].

Cette turbine comprend deux parties principales :

- Une bache d'alimentation avec injecteur ;
- Un rotor comportant plusieurs aubages ;
- L'ensemble est recouvert par un carter (voir la figure I.3) [22].

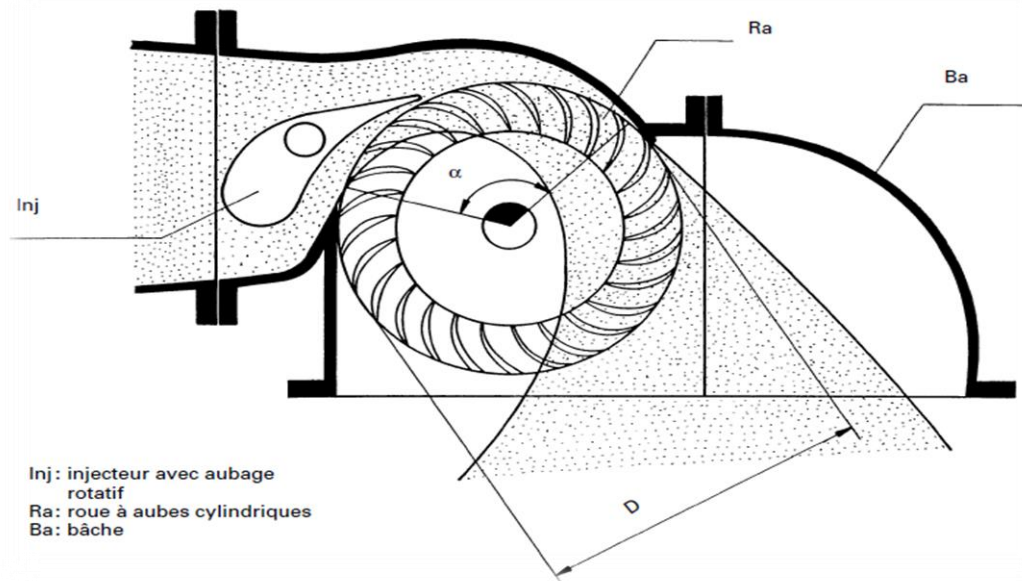


Figure I.3 turbine cross flow[5]

I.1.2.2. Turbine à réaction

I.1.2.2.1. turbine Francis

La turbine Francis est une machine à réaction, ce qui signifie que la pression à l'entrée de la roue est supérieure à la pression de sortie de la roue. Les turbines Francis sont utilisées pour de moyennes chutes et peuvent développer des puissances très importantes (voir la figure I.4)[23].



Figure I.4 Turbine Francis [6]

Chapitre I : Généralité sur les turbines et les stations hydroélectriques

Le principe de fonctionnement d'une turbine Francis est le suivant : l'eau entre en premier dans la volute (aussi appelée bêche spirale). Elle circule dans l'avant-distributeur à aubes fixes puis à travers un cercle de vannage à aubes mobiles où la section de passage peut être variée selon le débit désiré [23].

I.1.2.2.2 - Pompe inversée

La pompe inversée est une pompe standard qui est utilisée comme turbine en inversant le sens de l'écoulement de l'eau ainsi que celui de la rotation de l'arbre.

Son fonctionnement peut se comparer à celui d'une turbine Francis dont le distributeur resterait en position fixe.

Il s'agit d'une machine simple et bon marché (prix inférieur à la moitié de celui d'une turbine construite sur mesure).

Son application va des hautes aux basses pressions, mais reste cependant limitée pour les raisons suivantes :

- La pompe inversée ne peut travailler qu'à débit constant ;
- en cas de décharge brusque (panne du réseau électrique), elle peut provoquer d'importants coups de bélier dans les conduites, car son débit à l'emballlement est inférieur à son débit nominal ;
- sa construction mécanique doit être contrôlée en vue du fonctionnement en turbine (paliers, joints, vitesse d'emballlement) ;
- son rendement est inférieur à celui d'une turbine [24].

I.1.2.2.3 Turbine KAPLAN

Les turbines Kaplan, successeurs des turbines à hélices, ont été inventées par l'ingénieur autrichien VICTOR KAPLAN en 1912 pour résoudre le problème du rendement médiocre de la turbine Francis dans les cas de faible charge. La turbine KAPLAN obtient un meilleur rendement que la turbine à hélice, car elle a pour particularité de pouvoir modifier l'inclinaison des pâles pour pouvoir s'adapter au débit du cours d'eau et donc avoir un rendement optimal (voir la figure I.5) [7].

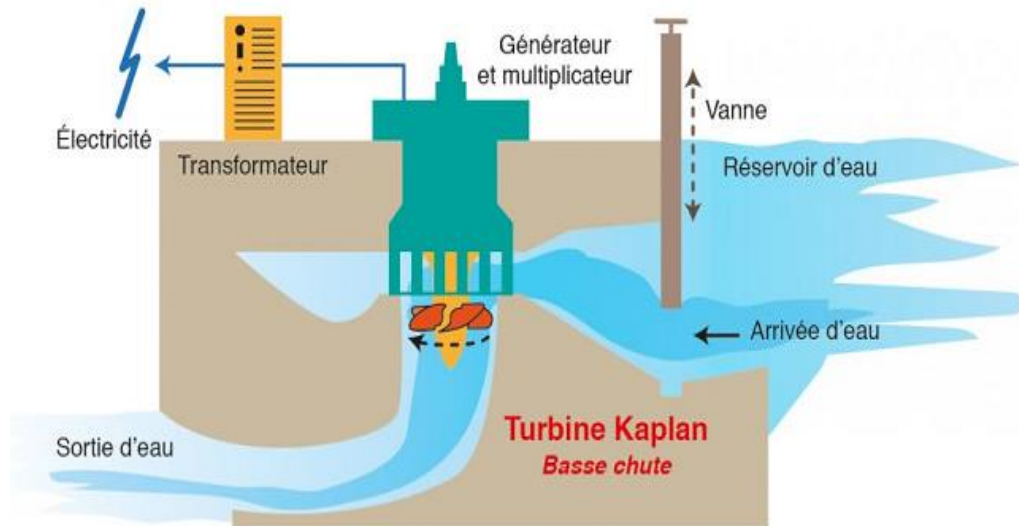


Figure I.5 turbine KAPLAN basse chute [8]

Ces turbines sont utilisées dans des milieux à faible hauteur de chute qui varie de 1,5 à 20 mètre de chute d'eau mais elles peuvent cependant accueillir de très grande débit qui peuvent aller de 3 à 100 m³/s [7].

Elles peuvent être utilisées à la verticale comme à l'horizontal ; cette turbine grâce à la forme de ses pales récupère l'énergie cinétique que contient l'eau dans sa chute pour transformer en énergie mécanique qui pourra ensuite être réutilisée et transformée en énergie électrique par l'alternateur [7].

I.2. paramètres communs des turbines

I.2.1. Puissance hydraulique d'une turbine

La puissance hydraulique est la puissance fournie à la turbine par l'eau qui l'alimente. Elle est donnée par le produit de l'énergie hydraulique gH avec le débit massique (débit volumique par masse spécifique ρ et Q) [25].

Symbole : P_{hyd} Unité : (W)

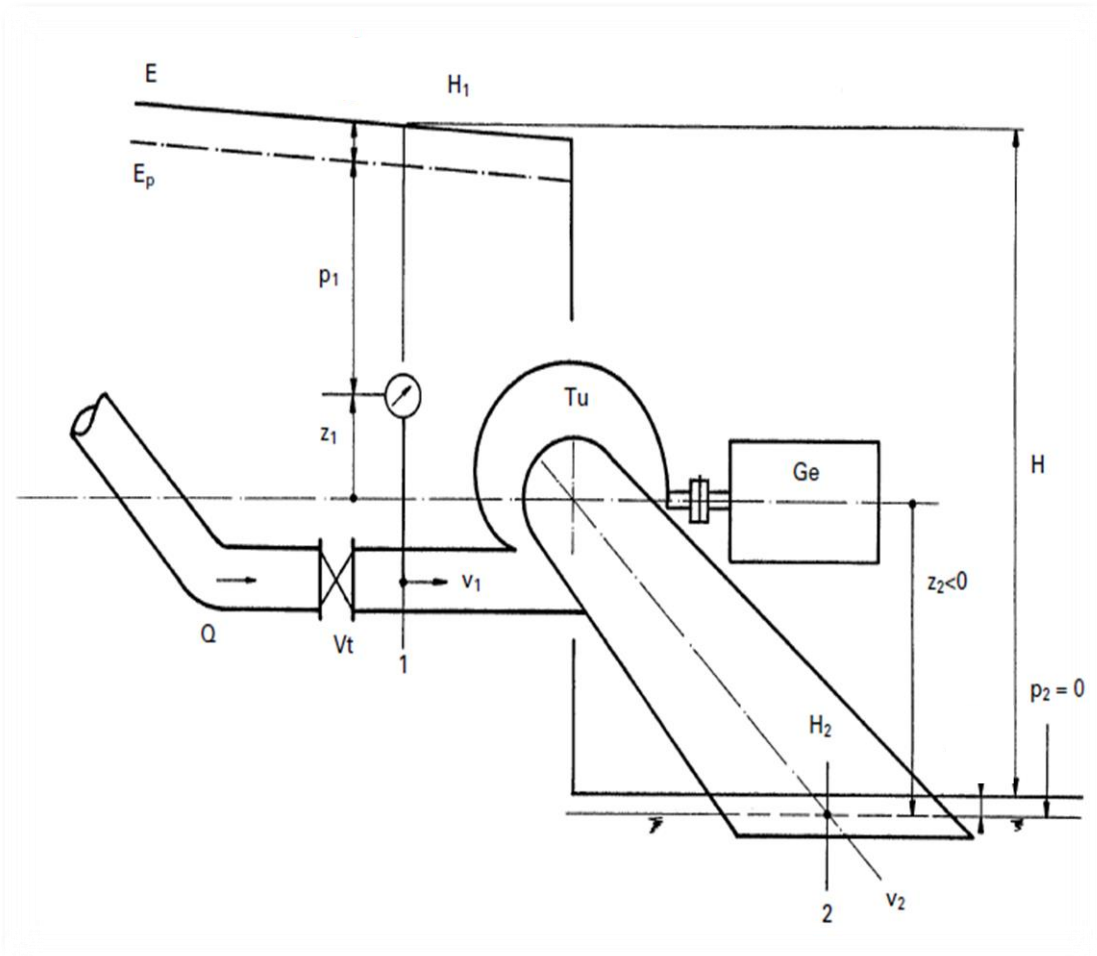
$$P_{hyd} = \rho \cdot Q \cdot gH \text{ (W)} \quad \text{I.1}$$

Les essais de réception des turbines hydrauliques définissent les points de référence à l'amont (1) et à l'aval (2) de la turbine entre lesquels est mesurée la chute ou l'énergie nette.

C'est en ces points que sont placés les instruments servant à mesurer la pression ou le niveau (manomètres ou limnimétries). La figure I.6 montre le principe de mesure et de calcul

Chapitre I : Généralité sur les turbines et les stations hydroélectriques

de la chute nette et autres paramètres nécessaires à la détermination de la puissance hydraulique de la turbine [26].



- | | |
|--|--|
| Vt : vanne turbine | 1 : point de référence amont turbine |
| E : ligne d'énergie (de charge) | 2 : point de référence aval turbine |
| Ep : ligne de pression, | Tu : turbine, Ge : générateur. |

Figure I.6 : Paramètres pour le calcul de la puissance hydraulique d'une turbine [26]

I.2.2. puissance mécanique, vitesse de rotation spécifique d'une turbine

I.2.2.1 Puissance mécanique

En tenant compte du rendement global de la machine hydraulique (turbine) η_t on obtient la puissance mécanique fournie à l'arbre de la turbine comme suit [25].

$$P_{mec} = \eta_t \cdot P_{hyd} = \eta_t \cdot \rho \cdot g \cdot H \cdot Q \quad (I.2)$$

Rapport-gratuit.com



LE NUMERO 1 MONDIAL DU MEMOIRE

I.2.2.2 Vitesse de rotation spécifique

La vitesse de rotation spécifique N_s est le principal nombre caractéristique des turbines hydrauliques. Elle mesure le rapport entre la vitesse de l'eau et la vitesse de rotation, on distingue les turbines lentes, pour lesquelles la vitesse de l'eau est nettement supérieure à la vitesse périphérique, et les turbines rapides, pour lesquelles c'est le contraire [9].

$$N_s = N \cdot \sqrt{Q} \cdot H^{3/4} \quad (I.3)$$

N : vitesse de rotation (tr/min) ;

H : hauteur de la chute nette (m) ;

Q : débit de la conduite forcée (m^3/s) [9].

I.2.2.3 Courbes caractéristiques d'une turbine à vitesse constante

Le fonctionnement normal d'une turbine est à vitesse constante. Il est donc naturel de présenter les courbes caractéristiques pour ce cas de fonctionnement. Pour la mesure, la turbine travaille à une ouverture A fixé du distributeur ou du pointeau de réglage du débit, et l'opérateur varie le débit de la turbine par réglage de la pompe d'alimentation ou de la vanne du banc d'essai. Ce qui donne les courbes (chute-débit, rendement-débit, puissance-Débit) représentées à la figure I.7 ci-dessous :

Q : débit ;

Q_v : débit à vide ;

Q_{max} : débit maximum ;

Q^{\wedge} : débit à rendement maximum ;

H : chute nette H_U : chute à rendement maximum ;

h : rendement ;

P_{mec} : puissance à l'arbre de la turbine ;

A : position fixe de l'organe de réglage du débit [24].

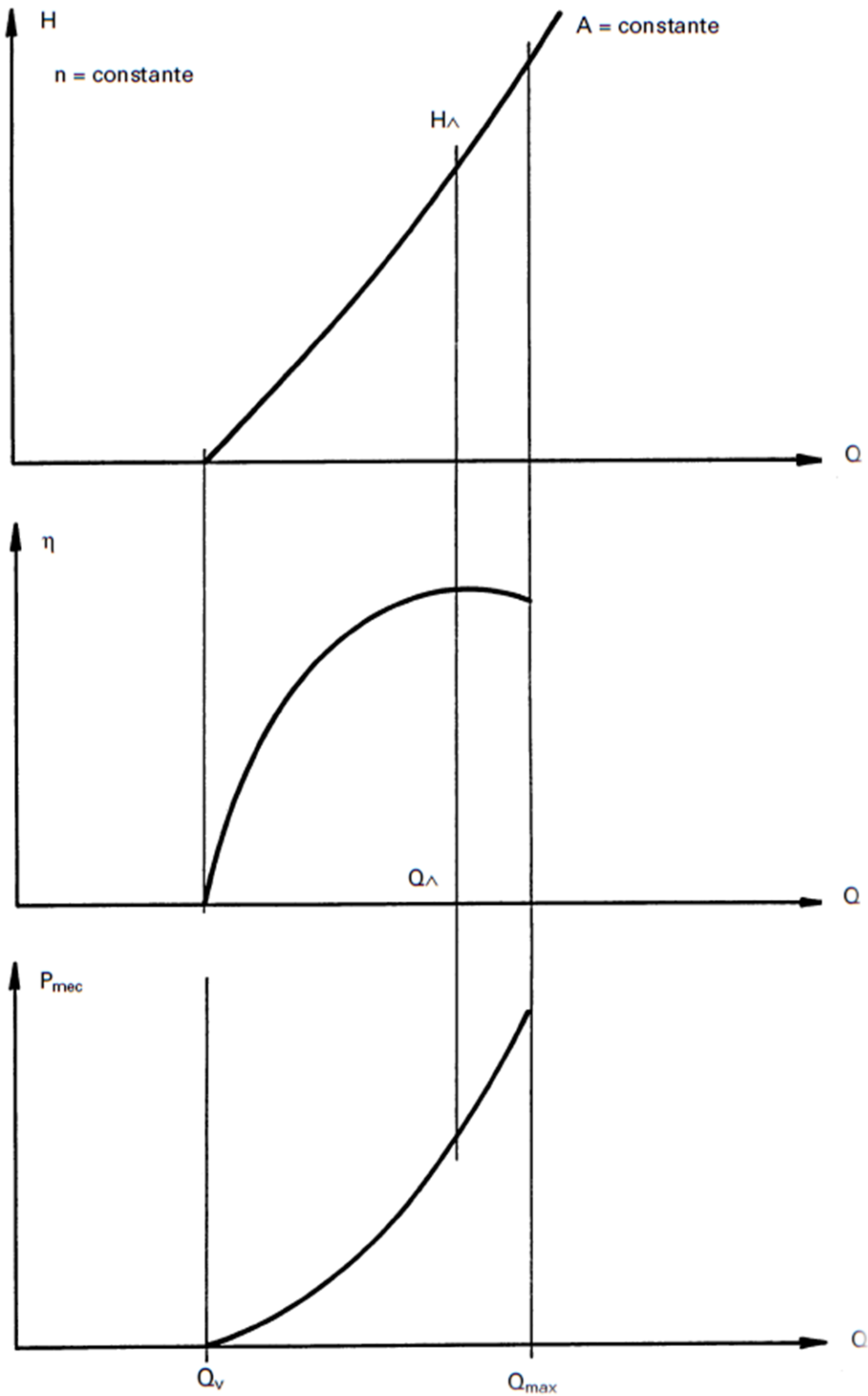


Figure I.7 Courbes caractéristiques d'une turbine à vitesse de rotation et ouverture constantes [24]

I.2.2.4 Courbes caractéristiques à vitesse variable

Pour connaître le comportement de la turbine pendant les régimes transitoires (démarrage, mise en décharge brusque et emballement), il est utile d'en connaître les courbes caractéristiques à vitesse variable. Dans ce cas, l'essai est réalisé sous une chute constante, une ouverture de turbine constante et un débit et une vitesse de rotation variables.

Les paramètres obtenus sont les suivants, en fonction de la vitesse de rotation n ce qui est représenté sur la figure I.8) :

Débit Q (utile pour calcul du coup de bélier à l'emballement) ;

Rendement η ;

Couple sur arbre turbine (utile pour calculer l'accélération du groupe et dimensionner le volant d'inertie).

De manière similaire aux courbes $Q - H$, ces courbes sont réunies sous forme d'abaque avec une colline des rendements. Pour rendre ces courbes utilisables pour toute grandeur de turbine et toute hauteur de chute, les échelles sont converties sous une forme unitaire :

- le débit Q devient débit unitaire Q_{11} ;
- la vitesse n devient vitesse de rotation unitaire n_{11} ;
- le couple T devient couple unitaire T_{11} .

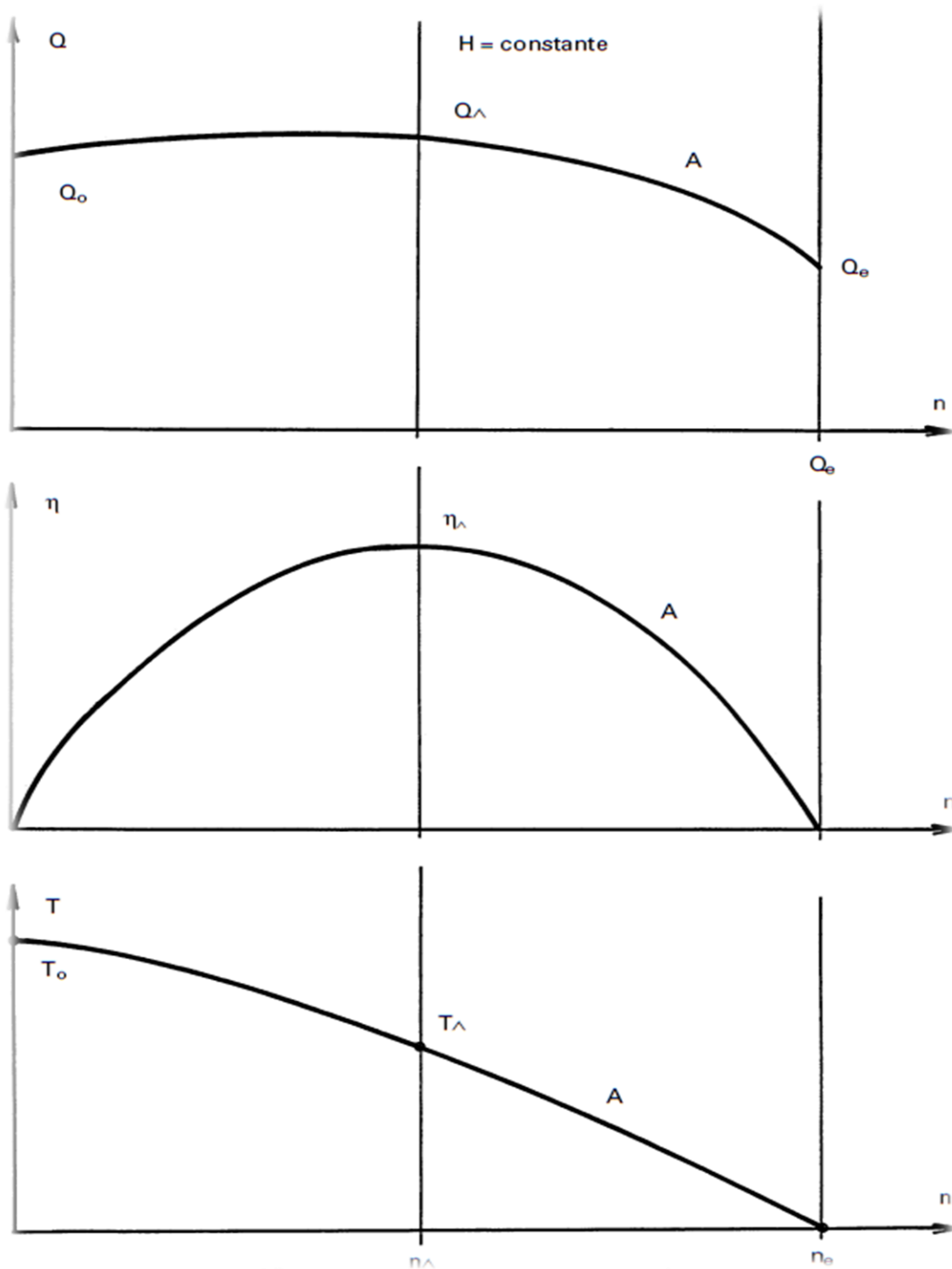


Figure I.8 : Courbes caractéristiques d'une turbine sous chute constante, ouverture géométrique constante et vitesse de rotation variable [24]

I.3 Classification des turbines – Vitesse spécifique

Les turbines se trouvent en différents types qui sont classés en fonction d'un seul paramètre qu'est dérivé des lois de similitude c'est la vitesse spécifique. Il en existe plusieurs

Chapitre I : Généralité sur les turbines et les stations hydroélectriques

définitions, qui peuvent encore toutes se retrouver dans la littérature ou dans la documentation des fabricants [10].

❖ Vitesse spécifique N_s :

Vitesse de rotation, en t/min, d'une turbine travaillant sous une chute de 1 m et délivrant une puissance de 1 kW [6].

$$N_s = n \frac{P^{1/2}}{H^{5/4}} \quad (I.4)$$

Cette formule a pour inconvénient que le rendement de la turbine est inclus dans la puissance P. Anciennement, et peut être encore aujourd'hui chez certains fabricants, P est indiqué en chevaux vapeur (CV) (1 CV = 0,736 kW) [6].

$$N_{sa} = n \frac{P_{CV}^{1/2}}{H^{5/4}} = 1.166 N_s \quad (I.5)$$

❖ Vitesse spécifique n_q :

Vitesse de rotation, en tr/min, d'une turbine travaillant sous une chute de 1 m avec un débit de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ [10].

$$n_q = n \cdot \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (I.6)$$

I.4 Résumé des principaux types de turbines et de leur domaine d'application

La figure ci-dessous I.9 présente les turbines à action qui sont turbine Pelton et turbine cross flow et leur domaine d'application.

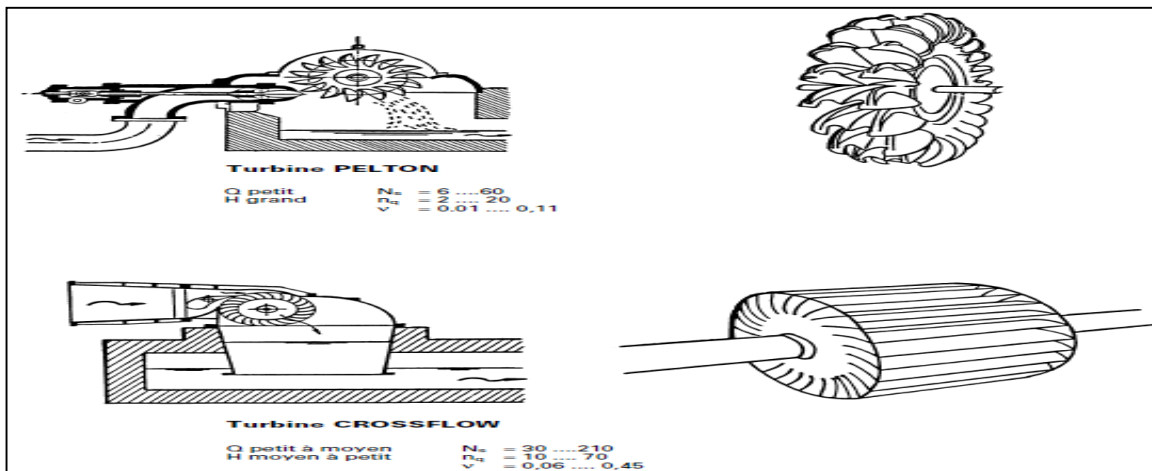


Figure I.9 Turbines à action [26]

La figure ci-dessous II.10 présente les turbines à réaction qui sont turbine Francis et turbine Kaplan et leur domaine d'application.

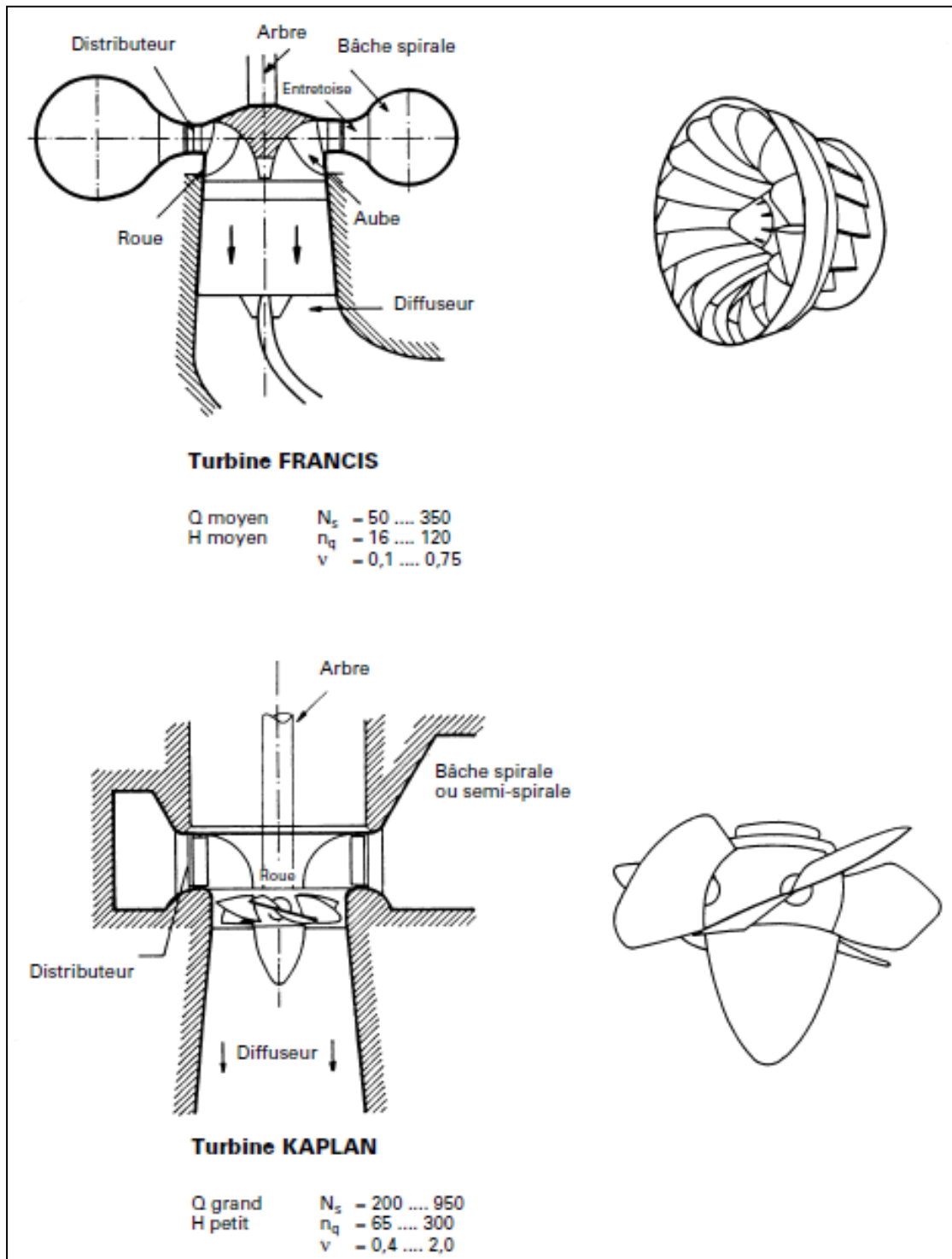


Figure I.10 Turbines à réaction [26]

I.5 Centrale hydroélectrique

Une centrale hydro-électrique est une usine où l'on produit de l'électricité en utilisant l'eau comme force motrice pour faire tourner des turbines qui entraînent à leur tour des alternateurs [1].

La figure ci-dessous montre le fonctionnement d'une centrale gravitaire.

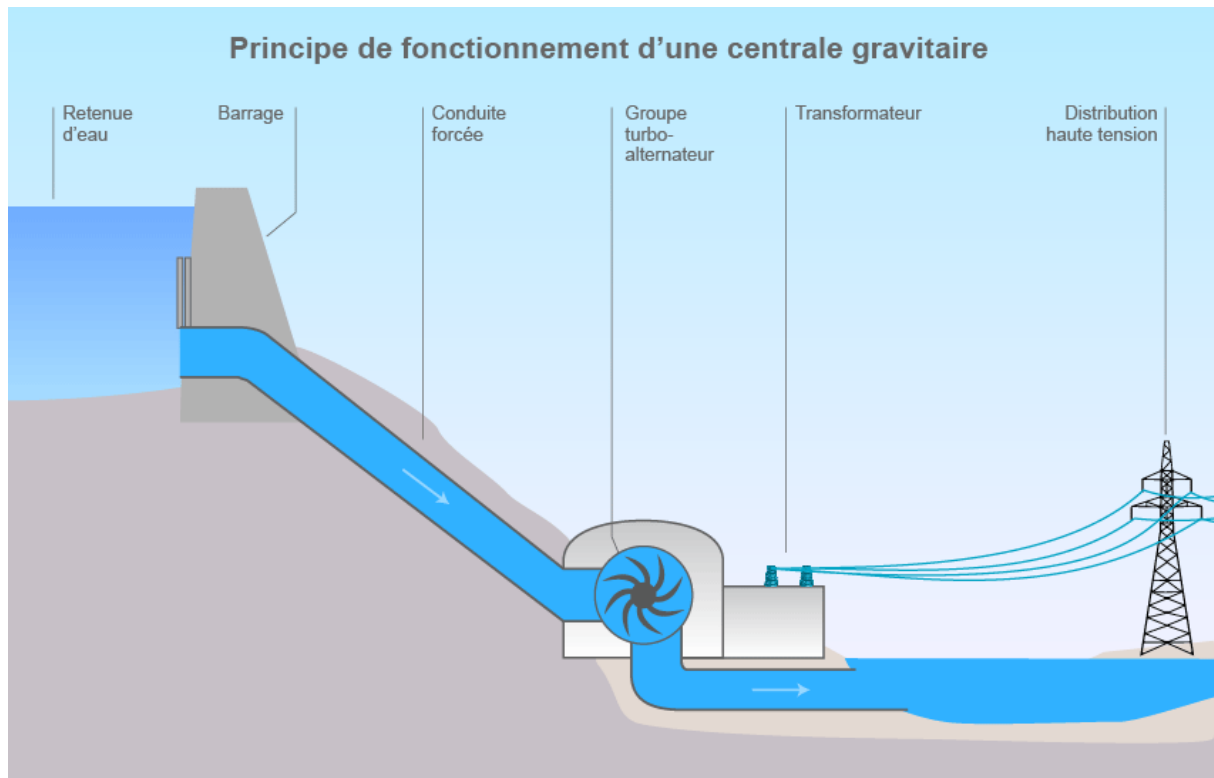


Figure I.11 : principe de fonctionnement d'une centrale gravitaire [10]

I.5.1.Principe de fonctionnement

La force motrice de l'eau fait tourner une grande roue appelée une turbine. La turbine convertit l'énergie de l'eau en chute en énergie mécanique [26].

La turbine en mouvement de rotation entraîne un alternateur qui produit une tension en transformant l'énergie mécanique en énergie électrique. Un transformateur élève alors cette tension produite par l'alternateur pour qu'elle puisse être facilement transportée dans les lignes à haute et très haute tension. A la sortie de la turbine, l'eau qui a perdu son énergie est rejetée dans la rivière via un canal de fuite [26].

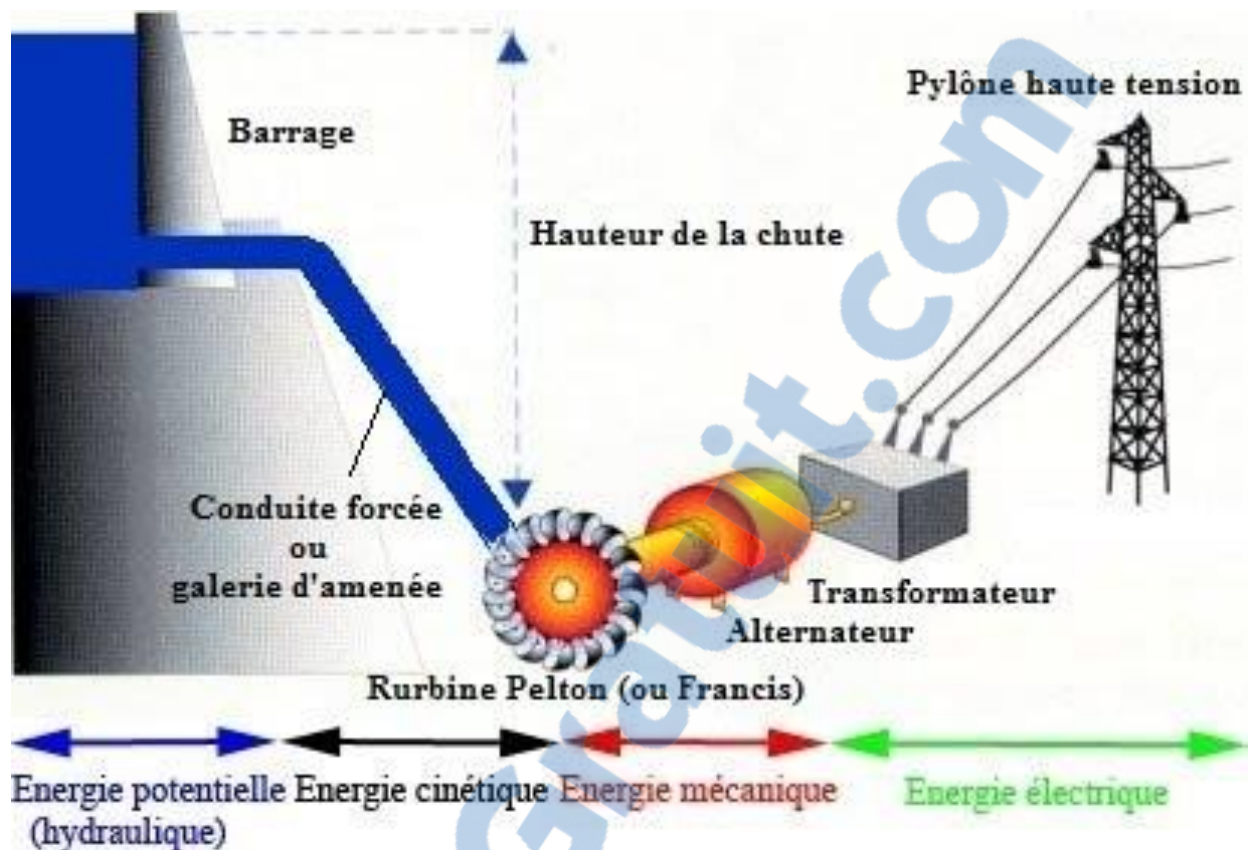


Figure I.12 fonctionnement d'une centrale hydroélectrique [11].

I.5.2 Structure d'une centrale de production de l'électricité

La centrale hydro-électrique est composée d'une turbine, d'un alternateur, d'un système de régulation et d'un transformateur [24].

I.5.3. Turbine

Nous avons déjà défini les turbines avec leurs différentes type (I.2 jusqu'à I.7)

I.5.4. Générateur

Le générateur se divise en deux parties, le stator (la partie fixe) et le rotor (la partie mobile). La paroi externe du rotor est composée d'électro-aimants, tandis que la paroi interne du stator est formée d'un bobinage de barres de cuivre. Lorsque le rotor tourne dans le stator les électrons vibré dans les barres de cuivre qui se formera un champ magnétique dans le générateur. Ce champ magnétique provoquera un déplacement d'électron qui va créer le courant électrique [24].

I.5.5 Différents types de générateurs

Il existe deux catégories de générateurs :

Chapitre I : Généralité sur les turbines et les stations hydroélectriques

-Les machines électriques synchrones qui convertissent l'énergie mécanique en énergie électrique (alternateur) nécessitent une alimentation en courant continu de leur inducteur ou système d'excitation [12].

-La génératrice asynchrone est une machine à induction asynchrone qui transforme de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Pour réaliser cette transformation elle doit pour cela être entraînée au-delà de la vitesse de synchronisme (variable suivant la charge).

Son rotor est généralement à cage d'écureuil ; elle bénéficie donc de la robuste simplicité du moteur à cage et des mêmes moyens de fabrication.

La puissance nécessaire à sa magnétisation est fournie par le réseau lorsqu'elle est couplée en parallèle ou par une batterie de condensateurs dans le cas d'une utilisation isolée [13].

I.5.6. multiplicateurs de vitesse et systèmes de régulation

Pour faire fonctionner une turbine correctement, un système de régulation doit être mis en place. Ce dernier doit permettre d'adapter le régime de vitesse de la turbine en fonction de la consommation électrique et du débit à l'entrée de la prise d'eau. Cette régulation doit permettre de maintenir la vitesse de rotation la plus constante possible afin que le réseau reste calé sur sa fréquence propre [24].

Types de régulation

Il existe deux types de régulation :

- La régulation vitesse débit

Elle consiste à adapter le débit de l'eau afin de réguler la vitesse de rotation. Le contrôle de débit se fait par l'intermédiaire de pointeaux amovibles dans les injections de la turbine.

- La régulation charge fréquence

Elle agit afin de garder la charge électrique du réseau constante, sans système de contrôle du débit. La régulation s'effectue par dissipation du surplus d'énergie dans des charges résistives. Toute l'énergie non consommée est redirigée dans une batterie de

résistance. Donc la centrale tourne toujours au maximum de sa capacité, produisant sa puissance nominale [24].

I.5.7. Transformateur

Un transformateur électrique est un convertisseur servant à modifier des valeurs de tension et d'intensité du courant délivrées par une source d'énergie électrique alternative, et un dispositif de tension et de courant de valeurs différentes mais de même fréquence et de même forme [14].



Figure I.13 un transformateur triphasé [15]

Chapitre

II

Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

Le recours au dessalement de l'eau de mer a pu, dans le cadre de la rénovation des choix et des modes de gestion, être promue comme une alternative stratégique permettant de sécuriser l'alimentation en eau potable de certaines villes du littoral et d'agglomérations proches. Un programme d'installation d'unités de dessalement de l'eau de mer a ainsi été arrêté puis rapidement mis en œuvre. L'Algérienne des Eaux, entreprise publique, en assure le suivi pour le compte du Ministère des Ressources en Eau en association avec l'Algérien Energie Compagnie, société créée par les groupes SONATRACH et SONELGAZ.

La réalisation de stations de dessalement de l'eau de mer, permettra non seulement de satisfaire les besoins de la population mais aussi de libérer d'importantes quantités d'eau des barrages pour les besoins de l'irrigation [27]

II.1 Description de la station de dessalement HONAINE

la station de dessalement d'eau de mer de honaine s'étend sur une superficie de 78 ha et d'une capacité de 200000 m³/j. ce volume produit est estimé à l'alimentation du groupement urbaine de Tlemcen. Avec la mise en service de ces stations, la wilaya de Tlemcen est donc à l'abri des pénuries d'eau et dispose même de grandes réserves pour parer aux effets de la sécheresse [28].



Photos II.1 la station de dessalement HONAINE [28]

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

II.2 Pompage des eaux de mer

Le groupe de pompage d'eau de mer comprend 11 pompes, avec une capacité de pompage de 18 934 m³/h. Les dix pompes à eau de mer sont installées en parallèle, l'une d'entre elle étant en réserve [28].

A l'aide d'une dizaine de pompes l'eau traitée est pompée vers le réservoir de stockage afin de la distribuer par l'ADE, tandis que le projet de saumure sera évacué par un émissaire marin pénétrant jusqu'à 1000 m dans la mer dans le but d'assurer une meilleure dilution et d'éviter des conséquences indésirables pour l'environnement [28].

II.3 Description du transfert HONAINE-TLEMCEN

Le raccordement aval de la station de dessalement d'eau de mer de HONAINE TAFSOUT a des tronçons de distribution en eau potable de la wilaya de Tlemcen (6 tronçons) avec des différents diamètres et des différentes pressions

- Tronçon 1 : au niveau de la station de dessalement a une longueur de 10170 m et de diamètre nominal DN 1400.
- Tronçon 2 : de la station de pompage HSP1 vers le réservoir de stockage RT1 de SOUK LKHEMISS a une longueur de 550 m et de diamètre nominal DN400.
- Tronçon 3 : du réservoir RT1 de SOUK LKHEMISS vers le réservoir RT2 de SIDI AHMED.
- Tronçon 4 : du réservoir RT2 de SIDI AHMED vers le réservoir de SEKKAK.
- Tronçon 5 : du réservoir de SEKKAK vers la station de pompage HSP3 (HENAYA).
- Tronçon 6 : de la station de pompage de MANSOURA HSP4 vers le réservoir de LALA SETI [29].

Le schéma ci- dessous a montre les différents tronçons de dessalement.

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

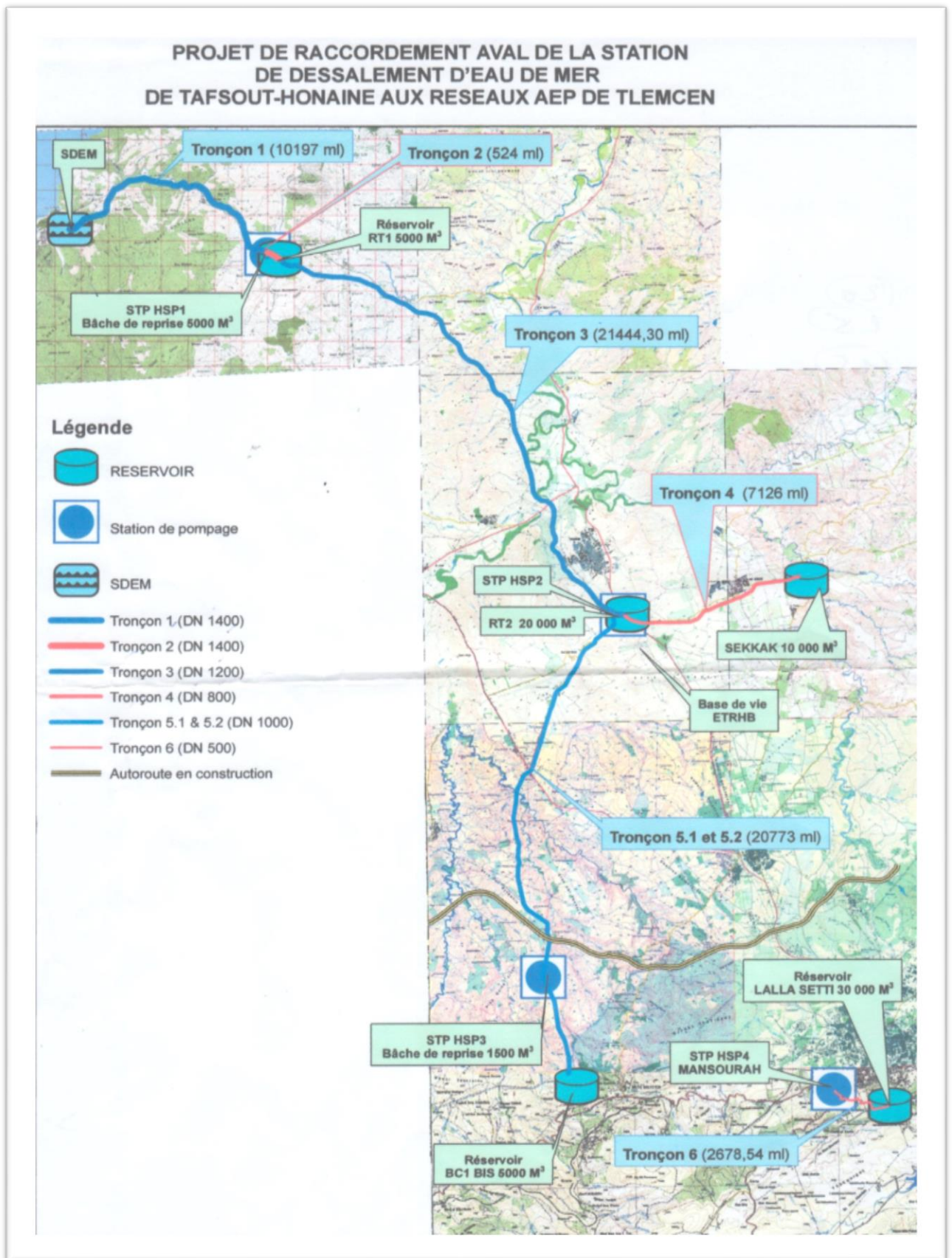


Figure II.2 Raccordement aval AEP de la wilaya de Tlemcen [29].

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

II.3.1 Le transfert HONAINE - SIDI AHMED

Le transfert RT1 (altitude de projet 396,57m) vers le réservoir RT2 (altitude de 289,57m) a un écoulement gravitaire contient 3 point kilométrique dépend de débit et les piquages sur le tronçon.

La conduite de transfert est en acier X 52 la limite d'élasticité est de 358 N/mm^2 et une longueur de 21 428,61 m.

-PK1 : de réservoir RT1 au piquage de FATMI ARBI.

-PK2 : de FATMI ARBI vers le piquage de SIDI BOUNOIR et SEBAA CHYOUKH.

-PK3 : de SEBAA CHYOUKH vers la station de pompage HSP2.

Le diamètre nominal du tronçon 3 et de : $\text{DN}=1200$.

PK : point kilométrique sur le transfert HONAINE-SIDI AHMED [29].

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

II.3.2 Les stations de pompes de transfert HONAINE-SIDI AHMED

II.3.2.1 La station de pompage HSP1

Le volume d'eau dessalé est pompé vers la station HSP1 de SOUK EL KHEMISS dotée d'une bache de reprise de 5000 m³. A partir du HSP1 l'eau va être pompée vers le réservoir de stockage RT1 [29].



Photo II.3 Station de pompage HSP1 [27]

II.3.2.1.1 Caractéristique de HSP1

La station est dotée de cinq pompes (4+1 réserve) centrifuge montées en parallèle et gérées par deux transformateurs de 2500 KVA (chaque transformateur démarre deux pompes) et un autre de 100 KVA pour les éclairages et les ateliers de la station [27].

Les pompes de la station de SOUK LKHEMISS (**HSP1**) sont dotées par des caractéristiques suivantes :

- débit 573 l/s (2,063 m³/h)
 - HMT (hauteur manométrique total) 112 MCE
- Rendement de la pompe 84,7 %
 - Puissance absorbé à l'arbre 741,6 KW
 - Puissance moteur 900 KW

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

- Vitesse de rotation 1.492 tr/min
- Diamètre d'aspiration DN 400 PN 25
- Diamètre de refoulement DN 350 PN 25 [27].



Photo II.4 Installation des pompes HSP1 [27]

II.3.2.1.2 Principe de fonctionnement de la station

-Aspiration – Groupe motopompe - refoulement

La station de pompage H-SP1 est composée de 4+1 groupe motopompe. Chaque groupe motopompe a une puissance unitaire de 900 kW.

Les pompes aspirent directement l'eau dans la bache d'aspiration au travers du collecteur d'aspiration [30].

II.3.2.1.3 Réservoir de stockage RT1

Le réservoir RT1 de SOUK LKHEMISS est fabriqué en béton d'altitude de 398,84 mètre linéaire contient à l'intérieur des chambres de vannes entrée, sortie chambre de vannes de sécurité [31].

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

Elle a une capacité de 5000 m³ qui alimente la commune de BENI KHELLAD avant de continuer son chemin d'écoulement vers la station HSP2 [31].



Photo II.5 Réservoir de SOUK LKHEMISS RT1 [31]

II.3.2.2 Station de pompage HSP2

La station est dotée de 6 pompes (4+2 réserve) centrifuges montées en série et gérées par deux transformateurs de 2000 KVA (chaque transformateur démarre 2 pompes) et un autre de 100 KVA utilisé par les éclairages et les ateliers de la station [32].

Les pompes de la station de SIDI AHMED (HSP2) ont des caractéristiques suivantes :

- Débit 550 l/s 1,980 m³/h
- HMT 172 MCE
 - étage 1 86 MCE
 - étage 2 86 MCE
- Rendement de pompe 87,2 %
- Puissance absorbée à l'arbre 532 KW
- Puissance moteur 700 KW

Chapitre II : Description sur le dessalement des eaux de mer de HONAINE

- Vitesse de rotation 1.492 tr/min

- NPSH pompe 7,90 MCE

Etage 1 et 2

- Diamètre d'aspiration DN 400 PN 25

- Diamètre de refoulement DN 350 PN25 [32].



Photo II.6 station de pompage HSP2 [31]

II.3.2.2.1 Principe de fonctionnement de la station HSP2

-Aspiration – Groupe motopompe – refoulement

La station de pompage H-SP2 est composée de 2+1 lignes pompes en booster, chaque ligne étant composée de 2 groupes motopompes en série, dont chaque groupe motopompe a une puissance unitaire de 710 kW.

La 1ère série de pompes aspirent directement l'eau dans la bache d'aspiration (le réservoir RT2) au travers du collecteur d'aspiration [33].

Chapitre

III

Etude de récupération de l'énergie électrique

III.1 Présentation de transfert RT1-RT2

Le réseau de transfert du réservoir RT1 de SOUK LKHEMISS vers la station de pompage Sidi Ahmed contient trois points kilométrique et des piquages qui doivent alimenter des petites communes qu'elles sont plus proches au réseau de distribution.

Le tableau III.1 destination de ses piquages.

Les piquages	Destination
PiK 3	FATMI EL ARBI
PiK 4	SEBAA CHYOUKH
PiK 5	SIDI BOUNOIR

III .2. Calcul hydraulique du tronçon RT1-RT2

III 2.1. Débit qui circule sur le tronçon RT1-RT2

La station de dessalement de HONAINE produit un débit de $200\,000\text{m}^3/\text{J}$ qui doit être alimenté de la GUT.

Il aura un piquage de $2000\text{m}^3/\text{J}$ qui va alimenter la commune de HONAINE, tandis que la capacité qui reste se transforme vers la station de SOUK LKHEMISS, ensuite vers les réservoirs de stockages départ du tronçon 3. (ADE production).

$$Q_d = 200\,000\text{ m}^3/\text{J}$$

$$P_{iK1} = 2000\text{m}^3/\text{J} \text{ (vers commune HONAINE)}$$

$$P_{iK2} = 7200\text{m}^3/\text{J} \text{ (vers commune BENI KHELLAD)}$$

$$P_{iK3} = 2000\text{ m}^3/\text{J} \text{ (vers village de ZAGHOU)}$$

QD : débit dessalement

Pik : piquage

Pour trouver le débit du tronçon 3, il faut juste faire la soustraction entre le débit de dessalement et les 3 piquages.

$$Q_3 = Q_D - (P_{K1} + P_{K2} + P_{K3})$$

$$Q_3 = 200\,000 - (2000 + 7200 + 2000)$$

$$Q_3 = 188800\text{m}^3/\text{J} = 2,18\text{ m}^3/\text{s}$$

III .2.2 les piquages de tronçon RT1-RT2

Le transfert qui est du réservoir RT1 de SOUK LKHEMISS vers la station de pompage HSP2 est graduellement gravitaire contient des piquages qui doivent alimenter les communes suivantes :

-Piquage de FATMI ARBI DN= 300

-Piquage de SIDI BOUNOUAR DN= 200

-Piquage de SEBAA CHYOUKH DN= 400

III.2.3 le débit de chaque point kilométrique

La distribution en route sur cette transfert montre une diminution de débit initial qui est de $2.18 \text{ M}^3/\text{s}$ à ce moment là on peut séparer le tronçon 3 en trois parties avec des différents débits.

Tableau III.2 Calcul du débit des points kilométriques

Les points kilométriques et piquages	Le débit (m^3/s)
Pk1	2,18
Pk2	2,10
Pk3	2,03

III .2.4 calcul de la vitesse

Après la détermination des débits du chaque petit tronçon, il faut déterminer les vitesses d'écoulements, les vitesses ainsi obtenu sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau III.3 Calcul de la vitesse de chaque point kilométrique

Point kilométrique	Vitesse (m/s)
PK1	1,93
PK2	1,86
PK3	1,79

III.3 Le choix de la turbine

-Il y'a plusieurs type de turbine qui se trouvent dans le marché mais les domaines d'application de ces turbines sont différents, il y'a des turbines qui fonctionnent à forte charge c'est à dire de très grand hauteur de chute et d'autre à moyenne charge et à faible charge.

-Dans notre cas nous avons des contraintes qui orientent le choix de la turbine.

-Le dimensionnement et le choix de la turbine sont réalisés par une approche statistique selon le diagramme présenté dans la figure (III .1)

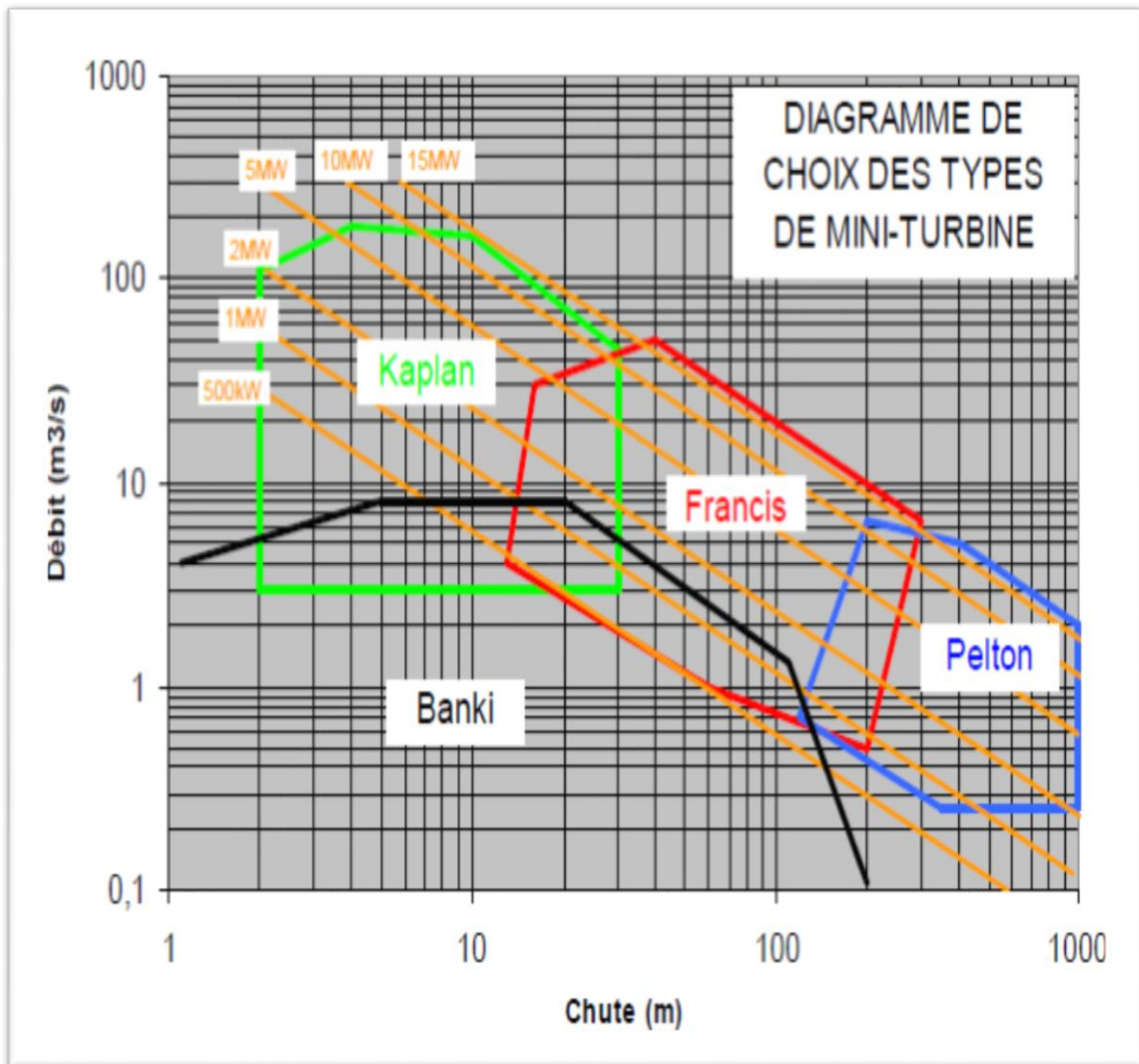


Figure III .1 diagramme de choix des turbines [14]

Avant de choisir le point de fonctionnement de la turbine il faut poser les questions suivantes :

- Ou on va utiliser l'électricité fournie par la turbine ?
- Quel est l'avantage de la réalisation de la centrale hydroélectrique pour l'ADE ?

Dans ce travail nous essayons de récupérer l'énergie électrique de la station de pompage HSP1 de SOUK LKHEMISS parce qu'il consomme beaucoup d'énergie électrique de 2226060 KWh et qui sa coute presque 950 million de centime chaque mois.

Alors en doit choisir un où deux point sur le point kilométrique Pk1 qui est plus proche de la station de SOUK LKHEMISS.

Selon le diagramme de la figure III.1 en doit choisir 2 point sur le point kilométrique 1(Pk1) pour faire une comparaison pour le placer la turbine choisi puisque le

Chapitre III : L'étude de récupération de l'énergie électrique

débit est de 2.18mètre cube par second et les deux points est de : Pnt1= 106,43 m et Pnt2=91,41m.

Le choix de la turbine est fixé sur la turbine PELTON.

III.4 Calcul hydraulique au point 1

III.4.1 calcul des pertes de charges linéaires

Les pertes de charge linéaires sont aussi appelées «pertes de charge par frottement». Elles correspondent à une perte de pression dans une installation, dû aux frottements des fluides dans les tuyauteries, cuivre, acier, PER, PE. Plus la longueur de tube est importante plus il y aura de pertes.

Les pertes de charge linéaire se calcule la formule de WEISSBACH-Darcy décrite ci-dessous :

$$\Delta h_{l1} = \lambda * \frac{l_1}{d} * \frac{v^2}{2g} \frac{V^2}{2g}$$

Coefficient de la perte de charge linéaire :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{ks}{3,7 \cdot D} + \frac{2,51}{Re \cdot \sqrt{\lambda}} \right) \quad \text{III.2}$$

Avec :

λ : coefficient des pertes de charge linéaire ;

K_s : la rugosité équivalente. Pour une conduite en acier $K_s = 0,3 \text{ mm}$;

Re : le nombre de Reynolds 2316000 ;

D : diamètres de la conduite 1200 mm ;

On doit faire un calcul d'itération pour retirer la valeur de λ .

$$\lambda = 0,015$$

Une fois qu'on trouve la valeur de coefficient de perte de charge linéaire on remplace dans la formule de DARCY

$$\Delta h_{l1} = 4,27 \text{ m}$$

III.4.2 Calcul des pertes de charges singulières

Les pertes de charge singulières sont essentiellement dues aux accidents de canalisation, c'est-à-dire toute modification géométrique de la conduite. On peut y compter les changements de direction (coudes, raccords en T), les variations de section, les vannes ou robinets, les appareils de mesure, etc. ... La perte de charge singulière d'un accident peut se

Chapitre III : L'étude de récupération de l'énergie électrique

déterminer par calcul ou à l'aide de tables (abaques) où une construction graphique à partir de grandeurs simples donnera un résultat.

Les pertes de charges singulières se déterminent à l'aide de la formule suivante :

$$\Delta h_s = K \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \text{III.3}$$

K : coefficient des pertes de charge singulière

Puisque en a plusieurs des vannes et des ventouses sur le PK 1 en va mesurer les pertes de charge singulière d'un pourcentage de 15% à des pertes de charge linéaire.

$$\Delta h_s = 15\% \cdot \Delta h_s$$

AN :

$$\Delta h_{s1} = (15 \cdot 11,27)/100$$

$$\Delta h_{s1} = 0,64 \text{ m}$$

Dans ce cas la perte de charge total sa sera la somme entre les deux pertes de charges comme suit :

$$\Delta h_{T1} = \Delta h_{l1} + \Delta h_{s1}$$

$$\Delta h_{T1} = 4,91 \text{ m}$$

III.4.3 Calcul de la hauteur de chute

Le réservoir RT1 a une altitude initiale de projet est de $H = 396,57 \text{ m}$ et le premier point choisi est situé a un village s'appelle village MAHJOUR son altitude de projet est de $H_1 = 191,28 \text{ m}$ et Pour calculer la hauteur de chute il suffit de faire la soustraction entre H_1 et H_2 .

$$h_1 = H - H_1 - \Delta h_{T1}$$

$$h_1 = 396,57 - 191,28 - 4,91$$

$$h_1 = 200,38 \text{ m}$$

III.4.4 Calcul de la pression au point 1

La détermination des pressions dans une conduite se réalise à l'aide de la formule de Bernoulli décrite ci-dessous :

$$\frac{P_{atm}}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + H = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V^2}{2g} + h + \Delta h_T \quad \text{III.4}$$

Avec :

V [m/s] : la vitesse de l'écoulement dans la conduite ;

P_{atm} [atm] : la pression atmosphérique de RT1 ;

H [m] : la cote de la conduite au niveau du réservoir ;

P_1 [atm] : la pression dans la conduite au point 1 ;

h [m] : la cote de la conduite au point 1 ;

Δh_T : la somme des pertes de charges linéaires et singulières.

Donné :

$V = 1,93$ m/s ;

$g = 9,81$;

$H = 396,57$ m ;

$H_1 = 191,28$ m ;

$\Delta h_T = 4,91$ m.

$P_1 = 19,75$ bar

III.5 Les dimensionnements du central hydroélectrique

Le choix d'alternateur dépend de des caractéristiques de la turbine PELTON qu'on a choisi si pour cela il faut calculer les paramètres de cette turbine.

III.5.1 Calculer de la puissance absorbée par la turbine au point 1 (la puissance hydraulique)

$$P_a = \rho * g * H_1 * Q \quad [4] \quad \text{III.5}$$

Avec :

P_a : la puissance absorbée par la turbine (watt) ;

ρ : la masse volumique de l'eau ;

H_1 : la hauteur de chute nette au point 1 ;

Q : le débit de point kilométrique.

$$P_a = 4285,29 \text{ KW}$$

III.5.2 La puissance développée par la turbine (la puissance mécanique)

Chaque turbine a un rendement correspondant en va prendre un rendement égal à 0,9 [17].

Chapitre III : L'étude de récupération de l'énergie électrique

Dans ce cas la puissance développée sera le produit entre le rendement et la puissance absorbée de la turbine.

$$P_{mec} = 0,9 * 4285,29$$

$$P_{mec} = 3856,75 \text{ KW}$$

A ce moment là on peut trouver la puissance électrique produite de la turbine par la relation suivante :

$$P_{el} = \text{le rendement de génératrice} * P_{mec}$$

On suppose que le rendement de génératrice égale à 0,95

$$P_{el} = 3663,92 \text{ KW}$$

La station de pompage de souk lkhemiss contient 5 pompes (4+1 réserve) d'une puissance de 900 KW et la puissance électrique produite par la génératrice est de 3674,67 KW.

Mais il faut respecter la condition de démarrage d'un moteur électrique dans ce cas là il suffit de calculer la puissance dans la station.

III. 5.3 La puissance apparente

La puissance apparente est la somme (trigonométrique) de la puissance active et réactive. C'est par ailleurs la puissance souscrite (KVA) pour son contrat d'électricité.

Elles sont liées par le triangle des puissances comme suit :

$$S = \sqrt{(P^2 + Q^2)} \quad \text{III.6}$$

Avec :

Q : puissance réactive ;

P : puissance active (utile).[29]

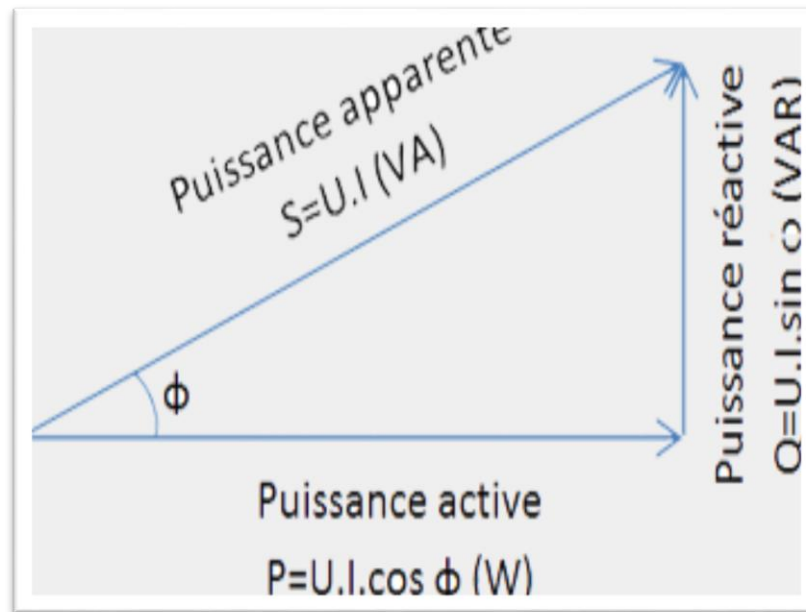


Figure III.2 Triangle des puissances [16]

La puissance apparente se calcule comme suite :

$$S = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \quad \text{III.7}$$

Avec :

U : est la tension de transformateur 5900 v ;

IA : le courant électrique 73 A.

$$\text{En obtient :} \quad S = 745 \text{ KVA}$$

III .5.4 La puissance réactive

$$Q = U \cdot I \cdot \sqrt{3} \cdot \sin \phi \quad \text{III.8}$$

$$Q = 5,9 \cdot 73 \cdot 1,73 \cdot 0,56$$

$$Q = 417,26 \text{ VAR}$$

III .5.5 La puissance active

La puissance active est la puissance qui va provoquer un mouvement, on pourrait qualifier d' « utile ».

Elle est souvent confondue avec la puissance apparente, elle représente en particulier dans les habitations, la majorité de l'énergie consommée.

Elle se calcule par la relation suivante :

$$P = S * \cos \phi \quad \text{III.9}$$

$$P = 745 * 0,83$$

$$P = 618,35 \text{ KW}$$

III.5.6 énergie électrique de la station HSP1

L'énergie électrique de la station HSP1 est le produit entre la puissance utile et le facteur du temps comme suit :

$$E = P * t \quad \text{III.10}$$

$$E = 2226060 \text{ KWh}$$

III.5.7 démarrage des pompes à partir du point 1

Le type de démarrage autotransformateur a un courant qui est de :

$$I_d = 2,5 \text{ à } 3 * I_A \quad \text{III.11}$$

$$P_{md} = 1855,05 \text{ KW}$$

Avec :

I_d : le courant de démarrage d'un moteur ;

P_{md} : la puissance de démarrage d'un moteur ;

I_A : le courant utile de la station HSP1 (73A).

Le démarrage à partir de la première point choisi qui est situé dans un village s'appelle « village EL MAHJOUR » est le rapport entre la puissance électrique et la puissance de démarrage d'un moteur comme suit :

$$\text{Le démarrage} = \frac{P_{ele}}{P_d} = 1,97 \quad \text{III.12}$$

A ce moment là on dit que la puissance électrique à ce point démarre les deux pompes (en néglige les pertes effet joule de câble parce que le point est plus proche de la station de pompage).

III.6 Les dimensions de la turbine au point 1

La vitesse de jet sortant à l'injecteur est égale la racine carrée entre l'accélération de la pesanteur et la hauteur de chute

$$V_1 = \sqrt{2 * g * h} \quad [3] \quad \text{III.13}$$

AN :

$$V1 = \sqrt{2 * 9,81 * 200,38}$$

$$V1 = 62,7 \text{ m/s}$$

Pour que le rendement soit maximal quel que soit le diamètre de la roue la vitesse périphérique de celle-ci U doit être égal à V/2

Dans le cas présent :

$$U1 = 31,35 \text{ m/s}$$

III.6.1 La section d'injecteur

en doit calculer la section d'injecteur à partir de la vitesse du jet telle que :

$$Q = 0,97 * S / V \quad [3] \quad \text{III.14}$$

Avec :

Q : le débit au point kilométrique 1 ;

S : la section d'injecteur ;

V : la vitesse de jet.

$$S1 = Q / (0,97 * V) \quad [3] \quad \text{III.15}$$

AN:

$$S = 2,18 / (0,97 * 62,7)$$

$$S1 = 35,8 \text{ cm}^2$$

En peut déduire le diamètre d'injecteur à partir de la section qu'on à calculer comme suit :

$$S1 = \pi * d^2 / 4 \quad \text{III.16}$$

$$d1 = 6,75 \text{ cm}$$

III.6.2 La vitesse de rotation de la turbine

La vitesse de rotation de la turbine varie à partir de nombre d'injecteur de l'installation mais avant de la calculer il faut voir le nombre d'injecteur qui doit tourner la turbine et pour calculer la vitesse de rotation il suffit d'appliquer la relation suivante :

$$N = 0,3 * NS * h1^{(3/4)} / Q^{0,5} \quad [3] \quad \text{III.17}$$

Avec

NS : la vitesse spécifique de la turbine de 6 à 60. On doit prendre NS=30 ;

h1: la hauteur de chute nette. $h_1 = 200,38$ m ;

Q : le débit de la conduite $Q=2,18$ m³/s

III.6.3 La turbine est équipée à un injecteur

Lorsque La turbine doit être équipée d'un injecteur unique la valeur de la vitesse de rotation sera :

$$N= 324,64 \text{ tr/min}$$

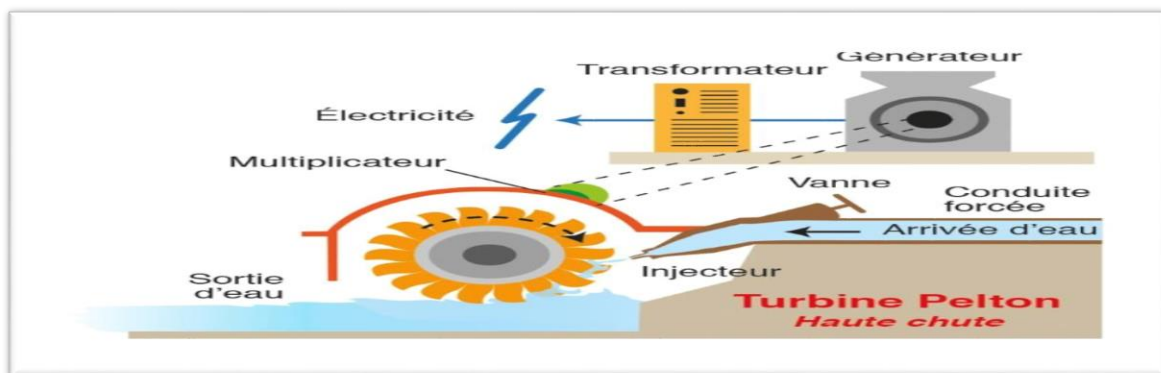


Figure III.3 Turbine à un seul injecteur [17]

Admettons que l'on choisisse un générateur électrique possédant 10 paires de pôles qui tourne la vitesse de 300 tr/min.

La valeur de N étant connue, on peut déterminer le diamètre moyen par la relation suivant :

$$U=\pi*D*N \quad [22] \quad \text{III.18}$$

La vitesse de rotation N étant exprimée dans cette relation en tr/s on obtient :

$$D= 1,99 \text{ m}$$

III.6.4 Nombre et dimensions des augets

Le nombre d'augets est le nombre entier le plus proche du nombre de n donnée par la relation :

$$n=15+D/2d_1 \quad [22] \quad \text{III.19}$$

D étant le diamètre moyen de la turbine et d le diamètre du jet. Tous calculs fait, on obtient : $n=44,43$ nous équiperons la roue de 50 augets.

Les dimensions des augets sont fixées par les relations suivantes :

$$\frac{L}{d_1}=2,8 \text{ à } 3,2 \quad \frac{h}{d_1}=2,4 \text{ à } 2,8 \quad \frac{e}{d_1}=1,10 \text{ à } 1,20 \quad \frac{P}{d_1}=0,8 \text{ à } 0,9 \quad [22]. \quad \text{III.20}$$

Tous calculs effectués, on obtient :

$$L=20,28 \text{ cm} \quad h=17,57 \text{ cm} \quad e=7,77 \text{ cm} \quad p=5,75 \text{ cm} \quad [22].$$

Avec :

L : la largeur de l'aube ;

h : la hauteur de l'aube ;

p : profondeur de l'aube ;

e : l'ouverture de l'aube.

III.6.5 La turbine est équipée de deux injecteurs

Dans la nouvelle situation, chacun des injecteurs est traversé par un débit de $1,09 \text{ m}^3/\text{s}$. Le diamètre des jets sortant de chacun d'eux doit être égal à $d = 1,92/\sqrt{2} = 13,5 \text{ cm}$ [22].

La vitesse de rotation la mieux adaptée est toujours donnée par la relation précédente (III.10) mais Q désigne cette fois, le débit par injecteur. On obtient la valeur de N :

$$N = 459,11 \text{ tr/min}$$

Nous adopterons donc un générateur à 8 paires de pôles tournant 375 tr/min.



Figure III.4 Turbine à deux injecteurs [18]

III.6.6 La turbine est équipée de trois injecteurs

Le débit par injecteur s'élève à $0,73 \text{ m}^3/\text{s}$ avec un diamètre de jet $d= 11,1 \text{ cm}$. Pour $NS =30$ on obtient une vitesse de rotation $N= 553,48 \text{ tr/min}$.

On adoptera un générateur de 4 paires de pôles tournant à vitesse de rotation de 550 tr/min Le diamètre moyen de la roue mobile sera dans ces conditions égal à :

$$D= 1,09 \text{ m}$$

le nombre des augets égal à $n= 19,5$ nous dirons 20 augets de dimension :

$$L= 33,3 \text{ cm} \quad h= 28,8 \text{ cm} \quad e=12,8 \text{ cm} \quad p= 9,4 \text{ cm} \quad [22].$$

Le coût de l'installation est plus faible lorsque la machine sera la plus rapide dans ce cas l'installation d'une turbine à trois injecteurs est manifestement la moins coûteuse.



Figure III.5 Turbine à trois injecteurs [19]

III.7 Calcul hydraulique au point 2

III.7.1 Calcul des pertes de charges

D'après la relation de Darcy ci-dessous on peut calculer les pertes de charges linéaires en connaissant le coefficient λ qui est égale à 0.015 et la longueur de la conduite au point 2 égale à 6100 m et le diamètre toujours 1200 mm.

$$\Delta h_{l2} = \lambda * \frac{l_2}{d} * \frac{v^2}{2g} \quad \text{III.21}$$

$$\Delta h_{l2} = 11,27 \text{ m}$$

Et pour les pertes de charges singulières puisque on a plusieurs vannes et des ventouses on doit prendre 15 % des pertes de charges linéaires.

$$\Delta h_{s2} = 1,69 \text{ m}$$

$$\Delta h_{T2} = 12,96 \text{ m}$$

On utilisant l'équation de Bernoulli entre le réservoir RT1 et le point 2 sur le profil en long on obtient :

$$P_2 = 28,64 \text{ bar}$$

III.7.2 Calcul de la hauteur de chute

Le deuxième point choisi est situé à un village s'appelle OULED BOUHAFS d'une altitude de projet égale à 91,41m.

Même chose pour calculer la hauteur de chute il suffit de faire une soustraction entre l'altitude de la conduite au niveau RT1 et h_2 on obtient :

$$h_2 = 292,2 \text{ m}$$

III.7.3 Les dimensionnements du central hydroélectrique

La turbine qu'on doit utiliser dans ce cas la toujours comme la première proposition (turbine PELTON) mais les caractéristiques sa change dépend de la hauteur de chute et de débit c'est pour cela on a besoin de refaire ses calcul de cette turbine pour faire une comparaison.

III.7.4 Calcul de la puissance hydraulique (puissance absorbée de la turbine)

$$P_a = \rho * g * h_2 * Q \quad \text{III.22}$$

Avec :

P_a : puissance absorbée de la turbine ;

ρ : masse volumique de l'eau ;

H_2 : la hauteur de chute nette au point 2 ;

Q : le débit de point kilométrique.

AN :

$$P_a = 1000 * 9,81 * 292,2 * 2,18$$

$$P_a = 6248,93 \text{ KW}$$

III.7.5 la puissance développée de la turbine (la puissance mécanique)

Même chose que la première proposition on va prendre un rendement de cette turbine 0,9 dans ce cas la puissance mécanique est le produit entre la puissance hydraulique et le rendement on obtient :

$$P_{mec} = 5624,04 \text{ KW}$$

Alors la puissance électrique de cette turbine est le produit entre la puissance mécanique de cette turbine et le rendement de génératrice.

D'après le fournisseur qu'on a contacté : le rendement égale à 0,85 [11].

$$P_{el} = 4780,43 \text{ KW}$$

Comme on a dimensionné la caractéristique de la centrale hydraulique au point 1 même chose pour la deuxième point en doit calculé les paramètres de la turbine.

Les deux tableaux suivants résumant les paramètres de fonctionnement de la turbine.

Tableau III.4 Dimensions d'injecteur

Caractéristique d'injecteur	Dimensionnement
La vitesse de jet V (m/s)	75,71
La vitesse périphérique U (m/s)	37,85
La section d'injecteur S (cm ²)	29
Le diamètre d'injecteur d (cm)	19,2

Tableau III.5 Dimensionnements de la turbine dépend le nombre d'injecteur

	Un injecteur	Trois injecteurs
Vitesse de rotation	430,77	744,41
La largeur de l'aube (cm)	57,6	33,3
La hauteur de l'aube (cm)	49,9	28,8
La profondeur de l'aube (cm)	22,0	12,8
L'ouverture de l'aube (cm)	16,3	9,4

III.8 Etude électrique de la centrale hydroélectrique vers la station de pompage

En Algérie la société SONELGAZ utilise le câble « almélec » mieux que le cuivre et qui est moins chère que le cuivre mais le problème qui se pose l'almélec a une tension de 30 kilovolts et la tension de la génératrice qu'on a choisie est de 6,3 kv et la deuxième point se situe à 5 km de la station de SOUK LKHEMISS.

Alors on propose deux solutions :

- On cherche un transformateur de 6,3 kv/30kv ;
- On cherche un autotransformateur.

On prend la première solution pour calculer les pertes effet joule et la chute tension au niveau du câble d'une section de 93,3 mm² qui sera calculer à partir les équations suivantes :

$$\Delta U = \sqrt{(R * I_2 * \sqrt{3} * \cos\phi)^2 + (X * I_2 * \sqrt{3} * \sin\phi)^2} \quad \text{III.23}$$

Avec

- ΔU : la chute tension (Ω);
- R : la résistance du câble (Ω);
- I_2 : le courant au niveau du câble (A);
- $\cos \phi$ et $\sin \phi$: le déphasage ;

Chapitre III : L'étude de récupération de l'énergie électrique

-X : la réactance (Ω).

$$R=0,357\Omega/\text{km}\cdot 5\text{km}= 1,785 \Omega \text{ (résistivité du câble d'aluméc égale } 0,375 \Omega/\text{km)}$$

$$X=0,4 \Omega/\text{km}\cdot 5 \text{ km}= 2\Omega$$

Et pour calculer le courant du câble I2 on utilise la formule du rapport de transformateur suivante :

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{I_1}{I_2} \text{ (le rapport de transformateur)} \quad \text{III.24}$$

Avec

-U1 : la tension à la sortie du transformateur 30kv ;

-U2 : la tension de générateur 6,3kv ;

-I1 : le courant de générateur 551 A.

$$I_2=115,89 \text{ A}$$

D'après ses calculs on obtient la valeur de la chute de tension :

$$\Delta U= 382,24 \text{ V}$$

$$2) \quad P_2=P_1-P_J$$

P2 : puissance au récepteur (station de pompage) ;

P1 : puissance du générateur ;

PJ : les pertes effet joule.

$$P_J= R\cdot I_2^2 \quad \text{III.25}$$

$$P_J=23,97 \text{ kw}$$

$$P_2 =4968,48 \text{ KW}$$

$$Q_{ele}=5986,12 \text{ KVA}$$

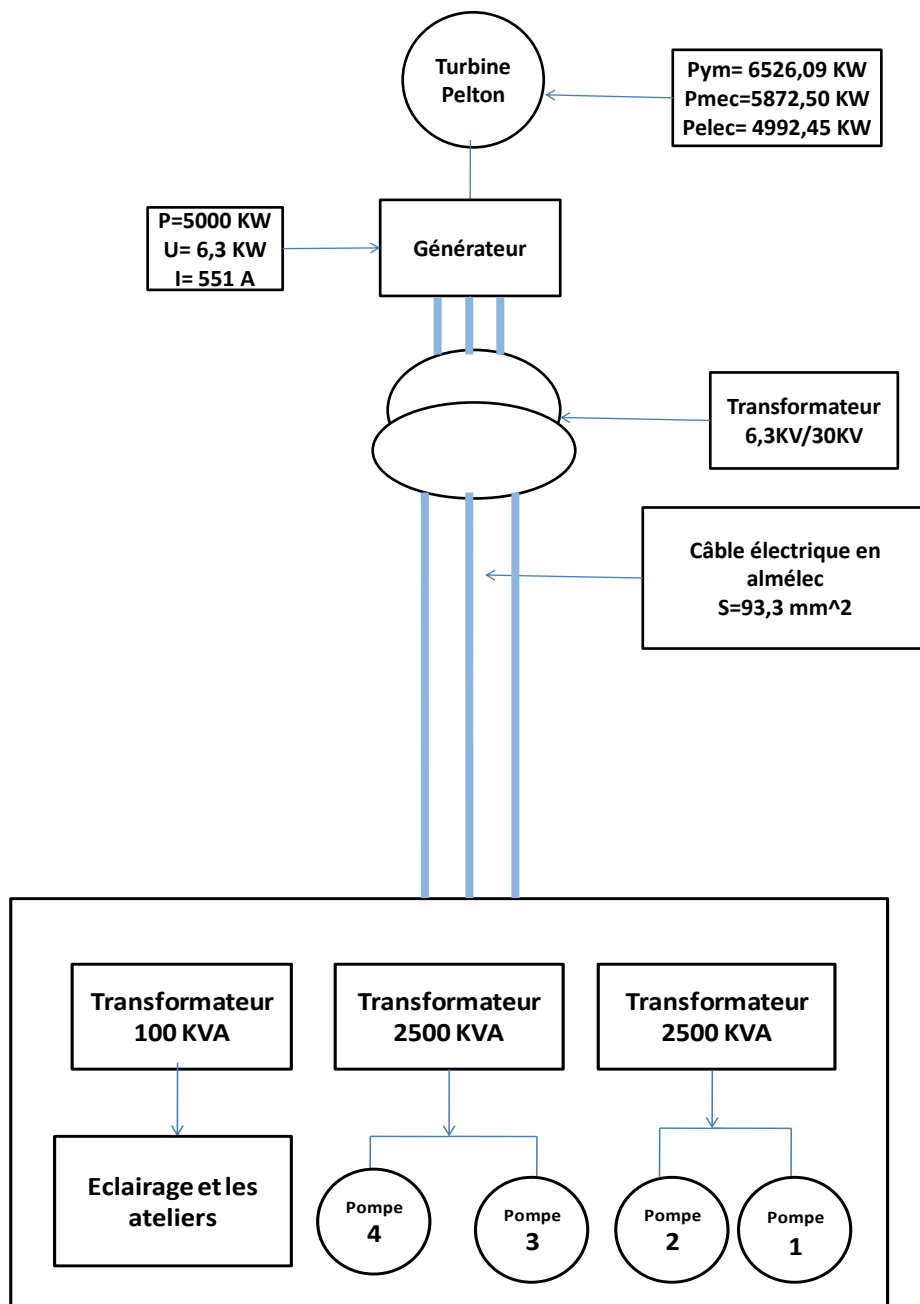
Alors la puissance qui arrive au niveau de la station de pompage de SOUK LKHEMISS est de 5986,12 KVA et nous connaissons que cette station ce démarre a partir de 3 transformateur.

-Deux transformateur pour démarre les pompes : 2* 2500 KVA ;

-Un transformateur pour les éclairages est les ateliers : 100 KVA.

Chapitre III : L'étude de récupération de l'énergie électrique

Le schéma suivant montre l'installation de la centrale hydroélectrique.



III.9 rapport final du projet

III.9.1 la turbine

- Hauteur de chute : 292,2 m
- La puissance hydraulique : 6248,93 KW
- La puissance mécanique : 5624,04 KW
- Nombre d'injecteur : 3 injecteurs
- Vitesse de rotation : 744,41 tr/min
- La puissance électrique : 4780,43 KW

III.9.2 Fiche technique du générateur (fournisseur)

- Sortie : 2500KW 3000KW 5000KW 6000KW ;
- Tête d'eau : 150m 200m 260m 500m 700m ;
- Tension : 400 V 3300 V 6300 V 10500 V ;
- Fréquence : 50Hz ou 60 Hz ;
- Lame du coureur : ZG0Cr13Ni4Mo ;
- Roue diamètre : 60cm 100cm 120cm ;
- Efficacité : 93% à 96% ;
- Vitesse du coureur : 600 tr/min 750 tr/min 1000 tr/min ;
- Niveau d'isolation : F/F ;
- Application : centrale hydroélectrique ;
- Transformateur élévateur 6,3 KV/ 30 KV [33].

III.9.3 Fiche technique de la turbine (fournisseur)

- sortie:2500kW 3000kW 5000kW 6000kW ;
- Tête De l'eau: 150 m 200 m 260 m 500 m 700 m ;
- tension: 400 v 3300 v 6300 v 10500 v ;
- fréquence: 50 Hz ou 60 Hz ;
- Runner Blades: ZG0Cr13Ni4Mo ;
- Diamètre de la roue: 60 cm 100 cm 120 cm ;
- efficacité: 93% à 96% ;

- coureur Vitesse: 600 rpm 750 rpm 1000 rpm ;
- isolation Niveau: F/F ;
- Application: Centrale hydroélectrique ;
- durée de vie 50-60 ans [33].

III.9.4 Câble électrique

- Nature du câble : almélec ;
- La chute de tension : 382,24 V ;
- Courant électrique : 115,89 A ;
- La réactance : 2 Ω ;
- La résistance : 1,785 Ω ;
- Les pertes effet joule : 23,97 KW.

III.10 Etude économique du projet

Avant de réaliser ce projet il faut savoir est ce que vous avez des profits pour ADE c'est pour cela nous contactons un fournisseur qui nous donne des caractéristique de cette turbine est le prix pour faire une comparaison par des factures qui doit payer à SONELGAZ.

Le fournisseur a donné des caractéristiques suivantes :

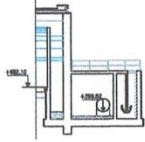
Turbine Pelton Est largement utilisé dans l'hydroélectricité plantes avec haute tête de l'eau allant from 100m partir à 1700 m couramment 150 à 800 m. Comme la tête de l'eau et vitesse relativement stable, la turbine Pelton a l'avantage de travailler avec une grande efficacité d'environ 90.5% dans largement gamme et rendement du générateur environ 93% à 96%. [17].

Le prix de cette turbine est d'US 60,000 à 80,000\$ et c'est l'équivalent de 7098000 à 9464000 DA [33].

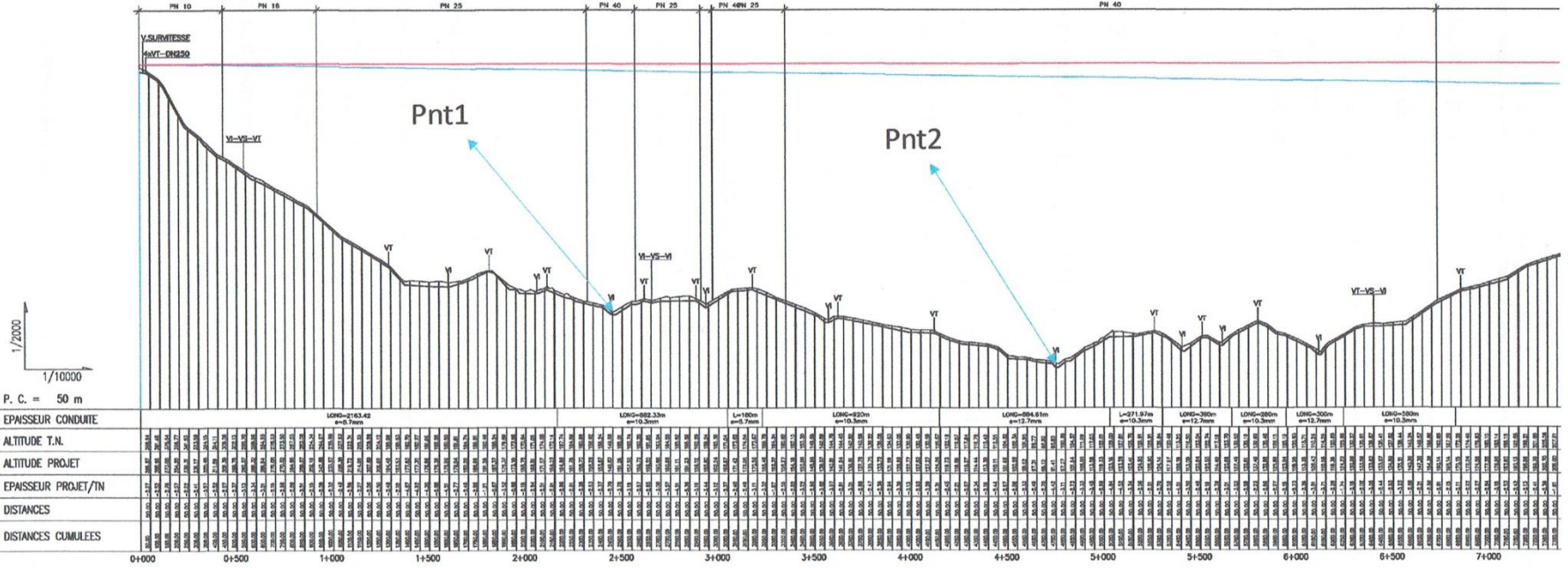
La distance entre le point choisi et la station de HSP1 est environ de 5 Km et le coup d'un kilomètre de câble est de 360 million de centime et pour l'installation sa coute 1 milliard 800 million de centime pour les câbles. (SONELGAZ).

Bâtiment génie civil pour la chambre de centrale hydroélectrique.

Transformateur élévateur et le générateur électrique (par commande).



Pnt1: point 1 (village EL MAHJOUR)
 Pnt2: point 2 (OULED BOUHAFS)

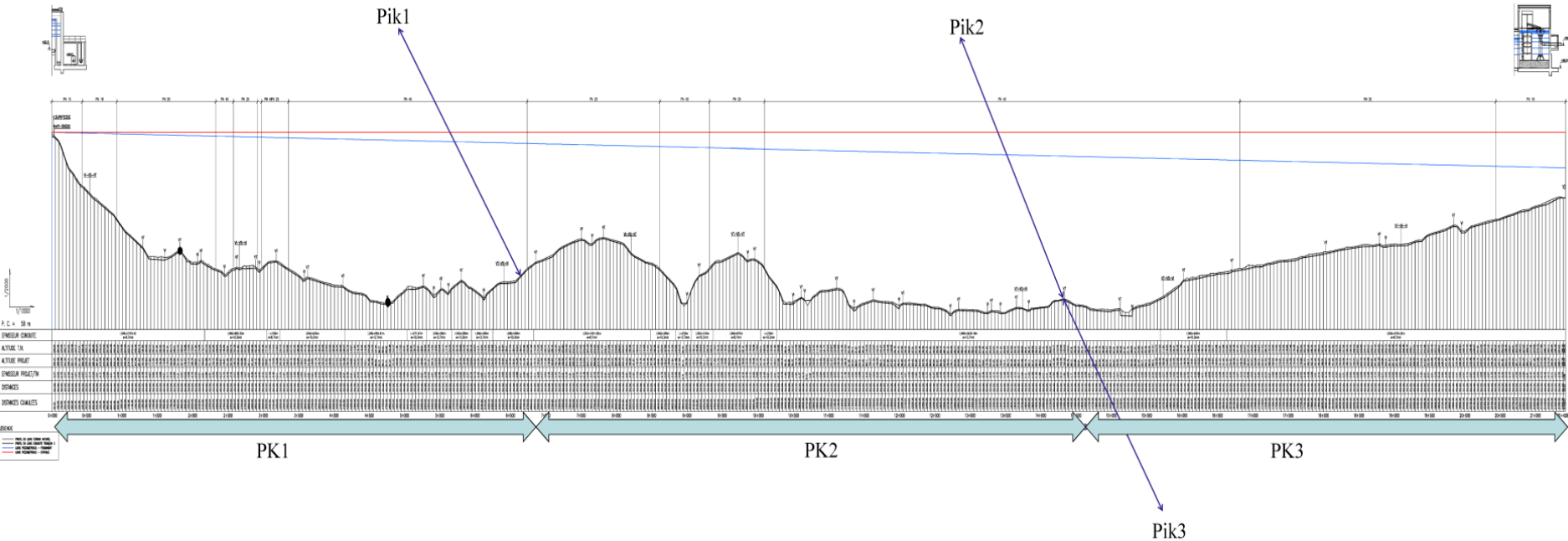


LÉGENDE

	PROFIL DE LONG TERME MOYEN
	PROFIL EN LONG COURSE TRACÉ 3
	LIGNE PÉRIMÉTRIQUE - PERIMÉTRÉ
	LIGNE PÉRIMÉTRIQUE - ÉNTRÉE

Point kilométrique PK1

Pik1: Piquage FATMI EL ARBI
Pik2: Piquage SEBAA CHYOUKH
Pik3: Piquage SIDI BOUNOIR
PK: point kilométrique



Profil en long RT1-RT2

Conclusion générale

Conclusion général

Les sources des énergies renouvelables sont utilisées dans le domaine de Production d'électricité comme l'énergie de gaz, vapeur, air et parmi ces énergie on a l'eau qui utilise la force motrice de l'eau (pression et débit) qui doit tourner des turbines.

Elles sont raccordées par une génératrice qui transforme l'énergie hydraulique de l'eau en énergie électrique.

Les grands transferts d'eau qui contient un débit important et de forte charge sont dissipés par des piquages et des brises charges

Le transfert HONAINE –SIDI AHMED qui est géré par la société « algérienne des eaux » contient deux stations de pompages HSP1 au niveau du village de SOUK LKHEMISS (4+1pompe) et la station de pompage HSP2 au niveau du village de SIDI AHED (4+2pompes) qui consomment une énergie électrique doit être payée par la société.

Ce transfert contient 3 tronçons T1, T2 et T3, ce dernier a un écoulement gravitaire de réservoir RT1 (SOUK LKHEMISS) vers le réservoir RT2 (SIDI AHMED) avec une longueur de 21428,61 MI et de diamètre de 1200 mm avec des pressions nominaux PN 16 PN40 et PN 25 .la conduite est en acier.

D'après les études sur ce transfert, on peut produire une énergie électrique a partir de la pression et le débit d'eau et installer une centrale hydro-électrique qui est composé d'un générateur et une turbine.

On peut trouver au marché plusieurs types des turbines avec des conditions hydrauliques le débit et la hauteur de chute parmi les turbines qui existent, nous trouvons la turbine KAPLAN, qui est adopté pour des grandes valeurs de débit et avec une hauteur de chute qui est petites. La turbine Francis qui fonctionne avec des valeurs de débits et hauteur de chute moyennes .la turbine cross flow ou bien en dit Banki qui est doté pour des débit et des hauteurs de chute moyens à faibles. la turbine Pelton qui fonctionne à forte charge et des débit qui sont petits. ce dernière à utiliser pour la récupération de l'énergie électrique sur le transfert HONAINE –SIDI AHMED.

Le travail qu'on a fait nous essayons de trouver un point de fonctionnement de cette turbine et qui est plus proche de la station de pompage au niveau de SOUK KHEMISS et de trouver le maximum d'énergie électrique équivalente de cette station.

Conclusion générale

Les points qu'on a choisis est : le premier point situé d'un village qui s'appel « village EL MAHJOUR » et le deuxième point au niveau du village appel « OULED BOUHAFS ».

Les études hydrauliques sur les deux points choisis on trouve:

Point1 (village EL MAHJOUR)	Point2 (OULED BOUHAFS)
$h_1=200,38$ m	$h_2 =292,2$ m
$\lambda= 0,015$	$\lambda= 0,015$
$\Delta h_{l1}=4,27$ m	$\Delta h_{l2} =11,27$ m
$\Delta h_{s1}=0,64$ m	$\Delta h_{s2}= 1,69$ m
$P_1=19,75$ bar	$P_2= 28,64$ bar
$P_a= 4285,29$ KW	$P_a= 6248,93$ KW
$P_{mec}= 3856,75$ KW	$P_{mec}= 5624,04$ KW
$P_{el}= 3663,92$ KW	$P_{el}= 4780,43$ KW

Le point qu'on a choisi situé dans le village « d'OULED BOUHAFS » qui a une hauteur de chute plus grande ($h_2 =292,2$ m) et un débit de $2,18$ m³/s.

L'énergie électrique fournie par la turbine est plus grande de la station de pompage de SOUK LKHEMISS mais sa c'est mieux pour le long terme, si l'ADE va prendre le projet de la station dessalement elle doit bénéficier de cette énergie recueilli qui reste pour fonctionner ou bien déduire leur énergie de la station, ou bien on a une petite station pompage au niveau de SOUK LKHEMISS qui est fonctionné avec un seul transformateur.

L'objectif de ce travail est d'aider la société ADE pour éviter ou bien de déduire la facture de l'électricité qui doit payer chaque trimestre au SONELGAZ mais reste toujours

Conclusion générale

avec une convention avec elle en cas d'un problème ou bien d'une fuite au niveau de la SDEM.

Référence webo graphique

- [1] [www.hydroquebec.com /comprendre/hydroélectricité/types_turbine.html](http://www.hydroquebec.com/comprendre/hydroelectricite/types_turbine.html) Vu le 30/11/2018
- [2] [Prototype turbine Pelton.e-monsite.com/page/turbine-Pelton.html](http://e-monsite.com/page/turbine-Pelton.html) Vu le 13/12/2018
- [3] <http://www.tv83.info/2017/07/24/lhydraulique-dalstom-il-ne-fallait-pas-se-tromper/> Vu le 15/12/2018
- [4] [www.renewables first.CO.UK/hydropower/hydropower-learning-centre/crossflow-turbine/](http://www.renewablesfirst.co.uk/hydropower/hydropower-learning-centre/crossflow-turbine/) Vu le 10/012019
- [5] <http://dbhsarl.eu/temp/hydroroues/Bkturb1.htm> Vu le 11/01/2019
- [6] <http://www.buykorea.or.kr/product-details/hydro-turbine-kaplan-turbine--3025105.html> Vu le 13/01/2019
- [7] <http://kaplanoupelton.e-monsite.com/blog/les-turbines-kaplan-1.html> Vu le 16/01/2019
- [8] <https://www.envinergy.com/centrale-hydroelectrique-fonctionnement-s747.html> Vu le 19/01/2019
- [9] https://www.gunt.de/images/download/Connaissances-de-base-en-turbines-hydrauli-ques_french.pdf Vu le 10/02/2019
- [10] <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/hydroelectricite> Vu le 12/03/2019
- [11] <https://sites.google.com/site/tpebarragedetignes/fonctionnement-et-caracteristiques> Vu le 20/03/2019
- [12] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/energies-th4/differents-types-de-machines-electriques-tournantes-42249210/machines-synchrones-d3545/> Vu le 23/03/2019
- [13] <https://www.usinenouvelle.com/expo/guides-d-achat/generatrice-asynchrone-503> Vu le 10/04/2019
- [14] http://www.composelec.com/transformateur_electrique.php Vu le 15/04/2019
- [15] <http://www.made-in-algeria.com/annonce/vente-de-transformateur-triphas-hermetique-h59-930394150.html> Vu le 22/04/2019
- [16] https://conseils-thermiques.org/contenu/energie_active_reactive_apparente.php Vu le 22/04/2019
- [17] http://www.envinergy-transactions.com/documents/images/general_photos/hydro-staging-44.jpg Vu le 26/04/2019
- [18] <http://waterturbines.wikidot.com/main:types-of-water-turbines> Vu le 28/04/2019
- [19] http://www.ac-tec.it/index_en.html Vu le 30/04/2019
-

Référence webographique

[20] <https://french.alibaba.com/product-detail/latest-pelton-turbine-price-for-3000kw-4500kw-5000kw-6000kw-hydro-generator-water-turbina-60780896918.html?spm=a2700.8699010.29.237.35c31f547Qm2cd> Vu le 11/05/2019



Références bibliographique

[21] GHENISSA H., 2014 étude comparative de l'alimentation en électricité d'un site isolé par voie classique et système photovoltaïque cas de willaya de BISKRA LABRECH-TOLGA

[22] D.LE GOURIERES., la petite centrale hydroélectrique conception et calcul

[23] Roger Ginocchio, Pierre-Louis Viollet., l'énergie hydraulique.

[24] MRABENT N. BENYELLES M., 2018, étude de l'opportunité de récupération d'énergie sur le transfert Beni Bahdel-Oran.

[25] Michel Dubas Yves Pigueron., 2009, guide pour l'étude sommaire de petites centrales hydraulique

[26] PACER A., 1995, turbine hydraulique et énergie renouvelable, office fédérale des questions conjoncturelles, suisse.

[27] service technique du groupe ETRHB HADDAD-SIDI AHMED, dossier de recollement de HSP1 date d'émission le 02/01/201, G80056-w0013-T124-A1

[28] ABDELLAOUI H., 2015, étude comparative de la qualité de l'eau de mer dessalée par distillation et osmose inverse (cas de la station de Honaine).

[29] ADE production, étude de raccordement aval de la station de dessalement d'eau de mer de Honaine-Tafsout juillet 2008.

[30] service technique du groupe ETRHB HADDAD-SIDI AHMED analyse fonctionnelle de HSP1 G80056-W0013-U102-A5.

[31] service technique du groupe ETRHB Travaux de réalisation des ouvrages de raccordement aval de la station de dessalement d'eau de mer Tafsout-Honaine willaya de TLEMCEM.

[32] service technique du groupe ETRHB HADDAD-SIDI AHMED, dossier de recollement de HSP2 date d'émission le 02/01/2014, G80056-w0013-T224-A1.

[33] service technique du groupe ETRHB HADDAD-SIDI AHMED analyse fonctionnelle de HSP1 G80056-W0013-U102-A2.