



UNIVERSITE SIDI MOHAMED BEN
ABDELLAH
FACULTE DES SCIENCES ET TECHNIQUES
Département des Mathématiques
Licence Sciences et Techniques (LST)



CALCUL SCIENTIFIQUE ET APPLICATIONS

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du Diplôme de Licence Sciences et Techniques

Optimisation du temps d'autonomie d'un réservoir d'AEP

Présenté par:

- ◆ ALLOUCH Saad

Encadré par:

- ◆ Pr AMMOR Ouafae (FST)
- ◆ Mr LAHLOU Mohamed (ONEE-BE)
- ◆ Mr SAAIDI HASSAN (ONEE-BE)

Soutenu Le 12 Juin 2014 devant le jury composé de:

- ◆ Pr EZZAKI Fatima
- ◆ Pr RAHMOUNI Aziza

Stage effectué à

L'office national de l'électricité et de l'eau potable
Branche eau
Fès

Année universitaire 2013/2014

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
LISTE DES FIGURES	5
LISTE DES TABLEAUX	6
REMERCIEMENTS	7
INTRODUCTION GENERALE	8
II - PRESENTATION DE L'ONEE-BRANCHE EAU	9
II.1. HISTORIQUE :	9
II.2. NOUVELLES ORIENTATIONS STRATEGIQUES.....	9
II.3. ACTIVITES DE L'ONEE-BE	9
<i>II.3.1. Activités principales</i>	9
<i>II.3.2. Activités particulières</i>	9
II.4. OBJECTIFS DE L'ONEE-BE	10
II.5. ORGANISATION DE L'ONEE-BE.....	11
II.6. ORGANIGRAMMES DE L'ONEE-BE.....	11
II.7. LA DR5	13
II.8. MISSIONS DES DIFFERENTS SERVICES DE L'ONEE-BE	15
<i>II.8.1. Attributions de la division développement</i>	16
<i>II.8.2. Attributions du chef Division Développement</i>	16
III – DEFINITIONS ET OUTILS STATISTIQUES	17
III.1. TAUX D'ACCROISSEMENT	17
<i>III.1.1. Définition</i>	17
<i>III.2.2. Utilisations</i>	17
III.2. TAUX DE BRANCHEMENT.....	17
<i>III.2.1. Définition</i>	17
<i>III.2.2. Utilisations</i>	18
III.3. DOTATION.....	18
<i>III.3.1. Définition</i>	18
<i>III.3.2. Utilisation</i>	18
III.4. CONSOMMATION.....	19
<i>III.4.1. Définition</i>	19
<i>III.4.2. Utilisation</i>	19
III.5. RENDEMENTS.....	19
<i>III.5.1 Définition</i>	19
<i>III.5.2. Types de rendements</i>	19
III.6. BESOINS DE LA POPULATION	19
<i>III.6.1. Débit moyen de distribution</i>	19
<i>III.6.2. Débit de distributions à la pointe horaire</i>	19
<i>III.6.3. Débit moyen de Production</i>	19
<i>III.6.4. Débit de distributions à la pointe journalière</i>	20
III.7. LE RESERVOIR	20
III.7.1. Temps d'autonomie du réservoir.....	20
III.7.2. La capacité du réservoir.....	20
III.7.3. Le coût du réservoir	20

III.8. CALCUL D'ENERGIE.....	20
III.8.1. Puissance hydraulique.....	20
III.8.2. Puissance électrique.....	21
III.8.3. Énergie électrique.....	21
III.9. LE COUT D'EXPLOITATION.....	21
Le coût énergétique.....	21
III.10. BENEFICES DU PROJET	21
III.11. TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT.....	22
III.11.1. Définition.....	22
III.11.2. Calcul du temps de retour sur investissement	22
IV – ÉTUDE D'UN MODELE THEORIQUE.....	23
IV.1. INTRODUCTION	23
IV.2. RASSEMBLEMENT DES DONNEES DE LA POPULATION	23
IV.3. CALCUL DES BESOINS	23
IV.3.1. Population en 2030	23
IV.3.2. Consommation.....	23
IV.3.3. Différents débits.....	24
IV.4. CALCUL DE LA CAPACITE DU RESERVOIR ET ETUDE DU COUT INVESTISSEMENT.....	25
IV.4.1. Capacité du réservoir	25
IV.4.2. Coût du réservoir.....	27
IV.5. CALCUL DU TEMPS DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE.....	28
IV.5.1. Groupe Électropompe.....	28
IV.5.2. Le temps de fonctionnement continu de la pompe.....	28
IV.5.3. Temps de fonctionnement annuel de la pompe.....	29
IV.6. ÉNERGIE ELECTRIQUE.....	32
IV.7. COUT ENERGETIQUE.....	33
IV.8. BENEFICES DU PROJET	34
IV.9. TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT.....	34
IV.9.1. Amortissement du projet.....	34
IV.9.2. Cumul des charges et bénéfices du projet.....	35
IV.9.3. Calcul du temps de retour sur investissement	36
IV.10. CONCLUSION	38
V. EXPERIMENTATION	39
V.1. INTRODUCTION.....	39
V.2. APPLICATION EXCEL.....	39
V.3. OBJECTIF DU PROJET.....	39
V.4. PRESENTATION DE LA POPULATION.....	39
V.5. SYSTEME DAR BOULASSOUAK.....	39
V.5.1. Données de la population.....	39
V.5.2. Étude effectué par l'office	39
V.5.3. Les résultats de l'étude	40
V.5.4. Conclusion.....	43
V.5.5. Comparaison.....	43
V.6. SYSTEME ZDIDZA.....	43
V.6.1. Données de la population.....	43
V.6.2. Étude effectué par l'office	44
V.6.3. Les résultats de l'étude	44
V.6.4. Conclusion.....	47

<i>V.6.5. Comparaison</i>	47
V.7. SYSTÈME DAR YOUSSEF – TIGHARDOUSSANE	47
<i>V.7.1. SR1-1-a</i>	48
V.7.1.1. Données de la population	48
V.7.1.2. Étude effectuée par l'office	48
V.7.1.3. Les résultats de l'étude.....	49
V.7.1.4. Conclusion	50
V.7.1.5. Comparaison	51
<i>V.7.2. SR7</i>	51
V.7.2.1. Données de la population	51
V.7.2.2. Étude effectuée par l'office	51
V.7.2.3. Les résultats de l'étude.....	51
V.7.2.4. Conclusion	53
V.7.2.5. Comparaison	53
CONCLUSION GENERALE	54

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de l'ONEE-BE	12
Figure 2: Les différentes directions de l'ONEE-BE au Maroc	13
Figure 5: Branchement individuel	17
Figure 6: Borne fontaine	18
Figure 7: Coût du réservoir - Étude théorique.....	28
Figure 8: Groupe électropompes	28
Figure 9: Temps de fonctionnement continu de la pompe.....	31
Figure 10: Temps de fonctionnement annuel de la pompe	31
Figure 11: Coût énergétique - Étude théorique.....	34
Figure 12: Charges et bénéfices du projet - Étude théorique.....	36
Figure 13: Temps de retour sur l'investissement - Étude théorique	38
Figure 14: Dar Boulassouak	40
Figure 15: Coût du réservoir - Dar Boulassouak.....	41
Figure 16: Coût énergétique - Dar Boulassouak	41
Figure 17: Charges et Bénéfices - Dar Boulassouak.....	42
Figure 18: Temps de retour sur l'investissement - Dar Boulassouak.....	43
Figure 19: Système Zdidza	44
Figure 20: Coût du réservoir - Zdidza	45
Figure 21: Coût énergétique - Zdidza	45
Figure 22: Charges et Bénéfices - Zdidza	46
Figure 23: Temps de retour sur l'investissement - Zdidza.....	47
Figure 24: Système Dar youssef	48
Figure 25: Sous-Système SR1-1-a	49
Figure 26: Coût du réservoir - SR1-1-a.....	49
Figure 27: Coût énergétique - SR1-1-a	50
Figure 28: Temps de retour sur l'investissement - SR1-1-a.....	50
Figure 29: Sous-Système SR7	51
Figure 30: Coût du réservoir - SR7	52
Figure 31: Coût énergétique - SR7	52
Figure 32: Temps de retour sur l'investissement - SR7.....	53

Liste des tableaux

Table 1: Population Théorique	23
Table 2: Consommation - Pop Théorique	23
Table 3: Besoins de distributions et de production - Pop Théorique	24
Table 4: Données et Besoins - Pop Théorique	25
Table 5: Capacité du réservoir sans Réserve incendie - Pop Théorique	26
Table 6: Capacité arrondie avec réserve incendie - Pop Théorique	27
Table 7: Coût investissement du projet - Pop Théorique	27
Table 8: Temps de fonctionnement continu de la pompe - Pop Théorique	29
Table 9: Temps de fonctionnement annuel de la pompe - Pop Théorique	31
Table 10: Énergie Électrique consommé - Pop Théorique	33
Table 11: Coût énergétique annuel - Pop Théorique	33
Table 12: Amortissement et actualisation du coût investissement - Pop Théorique	35
Table 13: Cumul des charges - Pop Théorique	35
Table 14: Prix de vente de l'eau distribué - Pop Théorique	36
Table 15: Temps de retour sur l'investissement - Pop Théorique	37

REMERCIEMENTS

Avant d'entamer ce rapport ,je désire présenter mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance à tout le personnel de la division Développement de la Direction Régionale du Centre Nord-Fès (DR5) de l'ONEP, qui m'a soutenu tout au long de mon stage, notamment Mr Mohammed LAHLOU, pour l'honneur qui m' a fait en acceptant d'y effectuer mon stage et Mr HASSAN SAIDI, pour son encadrement et son soutien qu'il m'a accordé afin de bien s'orienter et de bien mener mon travail.

Je tiens aussi à remercier Mme Ouafae AMMOR qui était présente pour me guider durant cette expérience.

Introduction Générale

L'étudiant est appelé à passer un stage au sein d'un organisme afin de se familiariser avec le domaine du travail et de se confronter aux réalités pratiques, pour adapter le cursus de formation adopté par la faculté aux besoins du marché de l'emploi et de vivre de près les contraintes qu'impose le terrain.

De ce fait, j'ai choisi d'effectuer mon stage de formation au sein de **l'Office National de l'électricité et de l'Eau Potable Branche Eau de FES** principalement dans **la division développement**.

Ce stage m'a permis de m'adresser à des professionnels et de tirer profit de leurs expériences et de leurs conseils.

L'eau est à l'origine de tout organisme. Elle fait partie du quotidien de tout être humain, c'est pour cela qu'elle doit être abondante, disponible pour toutes ses fonctions ou activités d'alimentation, d'hygiène ou de loisirs.

Le but de ce stage est d'optimiser le temps d'autonomie d'un réservoir d'alimentation en eau potable, pour arriver à ce résultat on a d'abord commencé par l'étude des différents besoins d'une population, l'étude des charges et bénéfices d'un projet puis l'étude du temps de retour sur investissement, tout cela en utilisant une application Excel programmé durant ce stage pour faciliter les études.

II - Présentation de l'ONEE-Branche eau

II.1. Historique :

Créé en 1972, l'Office National de l'Eau Potable est un établissement public à caractère industriel et commercial doté de la personnalité civile et de l'autonomie financière.

Depuis Avril 2012 son nom est devenu ONEE-Branche eau à cause d'une fusion avec l'Office National de l'Électricité

Les missions principales de cet office sont la planification et l'approvisionnement en eau potable jusqu'à sa distribution en passant par les phases suivantes: études, conception, réalisation, gestion et exploitation des unités de production, de distribution et d'assainissement liquide et enfin du contrôle de la qualité des eaux jusqu'à la protection de la ressource.

D'importants investissements ont pu être réalisés durant les trois dernières décennies pour assurer les infrastructures de base en matière d'eau potable.

II.2. Nouvelles orientations stratégiques

Les efforts déployés par l'ONEE-BE durant les trois dernières décennies ont permis d'améliorer le niveau de l'approvisionnement en eau potable en milieu urbain.

Aujourd'hui, l'Office s'est fixé une nouvelle stratégie visant la généralisation de l'accès à l'eau potable à l'ensemble des citoyens et l'intervention dans le secteur de l'assainissement liquide dans une vision globale et intégrée du cycle de l'eau.

Cette nouvelle stratégie, qui s'inscrit dans les orientations de S.M. LE ROI MOHAMMED VI confirmée dans son discours d'ouverture de la 9ème session du Conseil Supérieur de l'Eau et du Climat à Agadir le 21 Juin 2001, s'articule autour des trois axes suivants:

- Généralisation de l'accès à l'eau potable,
- Assainissement liquide,
- Maintien des acquis.

II.3. Activités de l'ONEE-BE

II.3.1. Activités principales

- **PLANIFIER** l'approvisionnement en eau potable du Royaume et la programmation des projets.
- **ETUDIER** l'approvisionnement en eau potable et assurer l'exécution des travaux des unités de production et de distribution.
- **GERER** la production d'eau potable et assurer la distribution pour le compte des communes qui le souhaitent.
- **CONTROLLER** la qualité des eaux produites et distribuées, la pollution des eaux susceptibles d'être utilisées pour l'alimentation humaine.
- **ASSISTER** en matière de surveillance de la qualité de l'eau.
- **PARTICIPER** aux études, en liaison avec les ministères intéressés, des projets de textes législatifs et réglementaires nécessaires à l'accomplissement de sa mission.

II.3.2. Activités particulières

- **Rôle social:** Pour encourager l'accès à l'eau potable, l'ONEE-BE a établi un système tarifaire en vigueur et progressif pour favoriser le développement des services publics (Exemples : les bains maures, les fontaines publiques).
- **Formation:** L'ONEE-BE dispose d'un Centre de Formation à vocation

internationale et qui constitue avec le laboratoire et le complexe adducteur du Bouregreg, un centre Collaborateur de l'OMS en matière de formation et de recherche dans le domaine de l'eau potable.

Par ailleurs, l'ONEE-BE a développé des coopérations et des partenariats avec des organismes internationaux œuvrant dans le domaine.

- **Coopération:** Elle est au service de l'ensemble des directions de l'office pour promouvoir et valoriser leurs actions respectives auprès des partenaires nationaux et internationaux.

- **Sensibilisation:** La limitation des ressources hydriques nationales et l'augmentation des besoins ont imposé à notre pays la nécessité d'accorder, parallèlement aux efforts soutenus en matière de développement des infrastructures nécessaires, un intérêt particulier à la rationalisation de l'usage de l'eau.

- **Amélioration de la qualité de l'eau:** on insinue par «amélioration», les contrôles physico-chimiques, bactériologiques et biologiques de l'eau produite. Ces contrôles sont assurés par les laboratoires régionaux et provinciaux soumis à la tutelle d'un laboratoire central, ces derniers s'intéressent aux contrôles de la pollution, aux études et aux recherches appliquées tout en apportant le conseil et l'assistance en cas de besoin.

- **Assainissement:** L'ONEE-BE s'est activé dans ce domaine en vue d'assurer une protection des ressources et d'améliorer les conditions sanitaires des populations.

- **Micro entreprises:** L'ONEE-BE a adopté depuis 1995 une politique de sous-traitance de certaines de ses activités. C'est ainsi qu'il a promu la création de micro entreprises pour leur confier les travaux d'entretien et l'extension de réseaux dans les petits centres et en milieu rural. En fin 2002, il a été créé 254 micros entreprises engendrant des centaines d'emplois. Parallèlement, la gestion des bornes fontaines a été confiée à des gardiens gérants.

II.4. Objectifs de l'ONEE-BE

- Pérenniser, sécuriser et renforcer l'AEP en milieu urbain,
- Généraliser l'accès à l'eau potable en milieu rural,
- Rattraper le retard en matière d'assainissement liquide,
- Assurer une veille technologique,
- Intégrer la composante de l'environnement,
- Impliquer le citoyen dans l'économie et la protection des ressources en eau,

- Une entreprise publique à haute expertise,
- Un personnel compétent,
- Des partenariats nationaux et internationaux en expertise.

II.5. Organisation de l'ONEE-BE

La procédure de la gestion de l'eau potable pour l'alimentation des usages diffère selon les zones. Ainsi, trois modalités sont distinguées :

- Les zones où la DR/CN agit comme centre dont il assure la production et la distribution,
- Les zones où elle se contente de la gérance en coordination avec la municipalité ou commune, c'était le cas de SEFROU,
- Les zones où elle se limite à la production et confie la distribution à l'une des régies autonomes de distribution, le cas de la ville de FES.

II.6. Organigrammes de l'ONEE-BE

L'office national de l'eau potable contient les directions suivantes :

- 4 pôles à savoir finances, ressources, industriel et développement. A noter que les directions régionales de l'ONEE-BE sont gérées par le directeur de pôle industriel.
- 3 directions rattachées au DG : Direction Audit et Organisation, Direction Agence Contrôle des opérations et Directions Coopération et Communication,
- Institut International de l'eau et de l'assainissement.

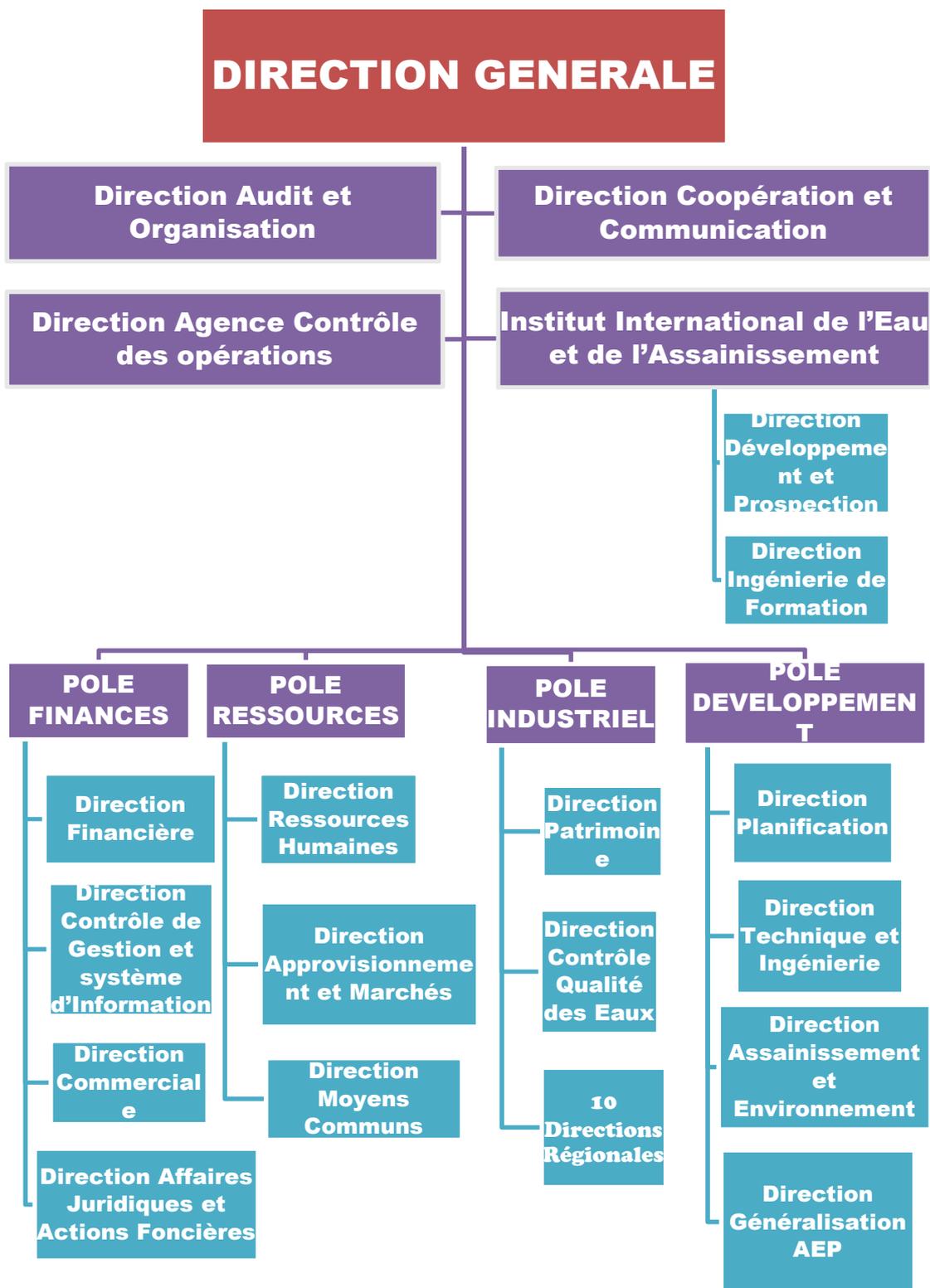


Figure 1: Organigramme de l'ONEE-BE

Le nouveau découpage de l'ONEE-BE au niveau régional a donné naissance à dix directions régionales selon l'ordre suivant :

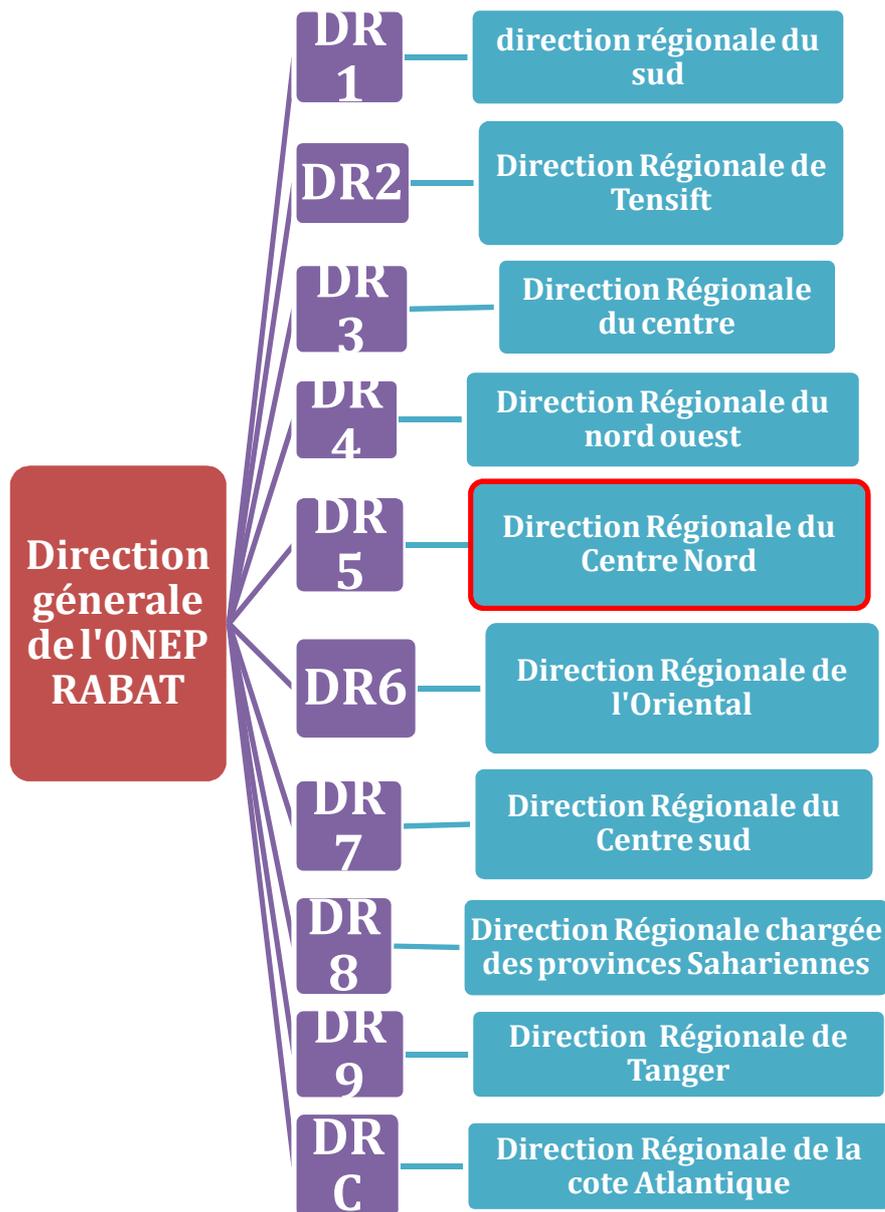


Figure 2: Les différentes directions de l'ONEE-BE au Maroc

Ces différentes Directions Régionales gèrent à leurs tours plusieurs Directions Provinciales et centres qui leurs sont rattachés.

La DR5 étend ses activités sur les provinces de FES, TAZA, TAOUNATE, AL HOCEIMA, GUERCIF, SEFROU, MOULAY YACCOUB et BOULEMANE.

II.7. LA DR5

La Direction Régionale du Centre Nord a été créée en Juillet 1979 dans le cadre de la décentralisation, elle a pour mission l'alimentation en eau potable des zones dépendantes de son territoire. Cette Direction supervise également l'exploitation et la maintenance de l'ensemble des installations existantes dans les centres de production et de distribution sous sa responsabilité.

La Direction couvre la cinquième région économique du Royaume (DR5) comprenant la wilaya de FES et les provinces d'EL HOCEIMA, TAOUNATE, TAZA, GUERCIF, SEFROU, MOULAY YACCOUB et BOULEMANE.

La Direction Régionale de FES recouvre 5 Agences Mixtes :



Figure 3: Les différentes directions de l'ONEP au Maroc (2)

AM5/1: Agence Mixte Fès – Sefrou – My Yacoub,

AM5/2 : Agence Mixte Boulemane,

AM5/3: Agence Mixte Taounate,

AM5/4: Agence Mixte Taza et Guercif,

AM5/5: Agence Mixte AL Hoceima.

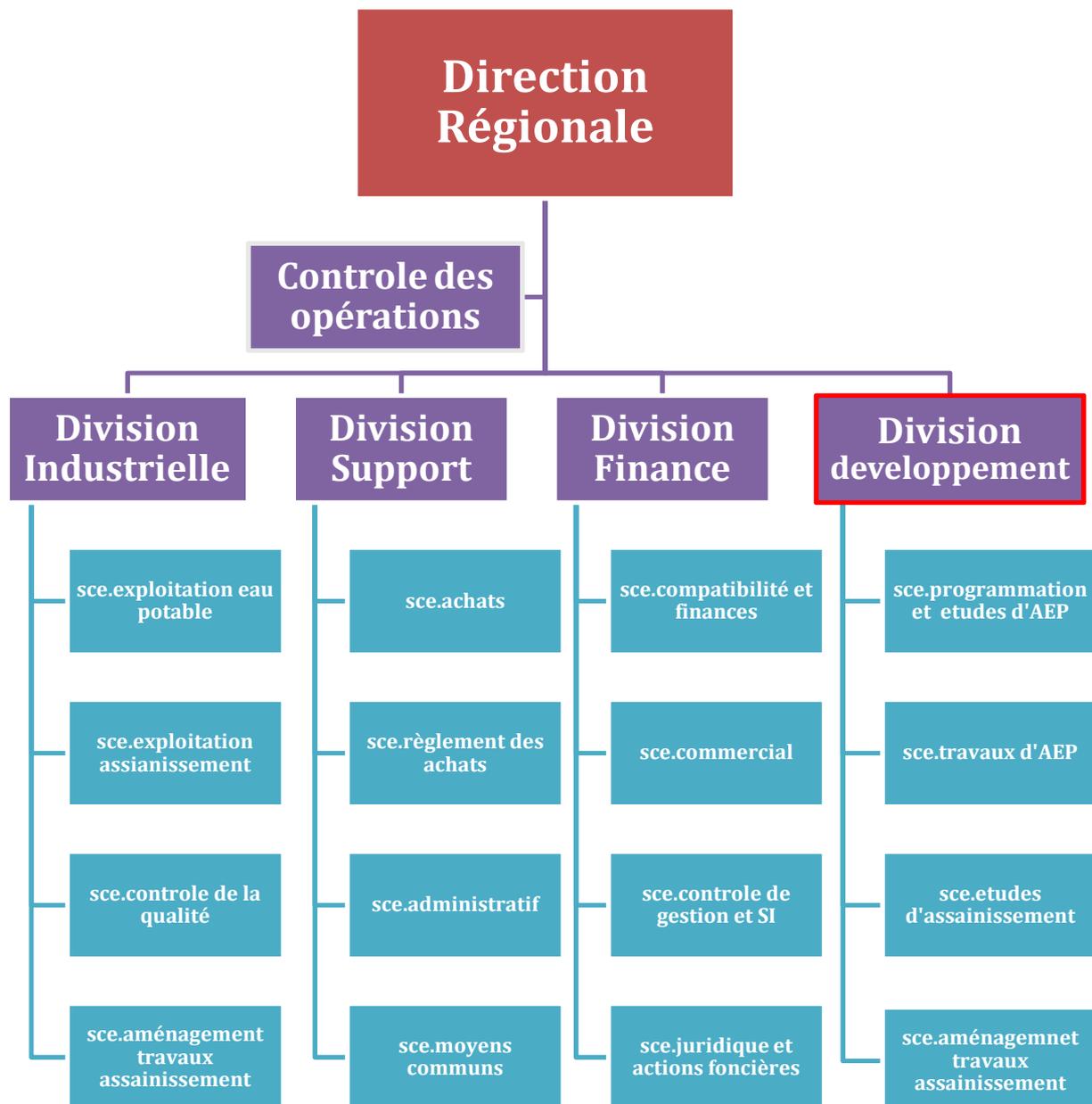


Figure 4: Les différentes division et service de l'ONEE-BE

II.8. Missions des différents services de l'ONEE-BE

Diriger les activités dans la région et plus particulièrement :

- ❖ Représenter le Directeur Général et l'ONEE-BE dans la région en vue, notamment réaliser les axes stratégiques de l'Office dans la région,
- ❖ Assumer les délégations de pouvoir et de crédits autorisés par le Directeur Général dans la région,
- ❖ Coordonner les différentes actions de toutes les autres représentations de l'ONEE-BE dans la région et gérer les relations de l'ONEE-BE avec les autres intervenants dans la région,

- ❖ Développer la région et coordonner l'ensemble des actions d'exploitation et de maintenance des ouvrages dans la région.

II.8.1. Attributions de la division développement

La mission de la division développement consiste à planifier, à programmer et à exécuter toutes les opérations de développement en eau potable et assainissement dans la région. Cette division contient quatre services à savoir :

- ❖ Service programmation et études d'AEP «DR5/DE»
- ❖ Service travaux d'AEP «DR5/DT»
- ❖ Service études d'assainissement «DR5/SA»
- ❖ Service travaux d'assainissement «DR5/SA»

II.8.2. Attributions du chef Division Développement

- ❖ Recueillir les informations et les traiter en vue de leur consolidation pour les besoins de planification (besoins et ressources),
- ❖ Initier et participer à l'élaboration des schémas directeurs de la région,
- ❖ Programmer les investissements dans la région et prendre en charge le processus budgétaire et technique de réajustement des programmes pour les petits et moyens projets,
- ❖ Réaliser les études de faisabilité et les études détaillées des petits et moyens projets,
- ❖ Réaliser les travaux des petits et moyens projets de la région (y compris de dégagement des ressources pour les projets d'AEP),
- ❖ Participer à la réalisation des travaux et émettre un avis sur les études détaillées des grands projets intéressant la région,
- ❖ Établir les bilans et états consolidés prévus par les procédures concernant l'investissement de la région,
Veiller à l'application des procédures d'investissement et contrôler les opérations réalisées par les entités intermédiaires de la région,
- ❖ Proposer toute mesure visant à améliorer, normaliser et contrôler l'activité d'investisseur dans la région.

III – Définitions et outils statistiques

III.1. Taux d'accroissement

III.1.1. Définition

Le taux d'accroissement de la population est défini comme étant l'évolution moyenne annuelle de la taille de la population d'une zone donnée.

III.2.2. Utilisations

Pour calculer le nombre d'une population donnée à l'horizon de 2030 l'ONEE-BE se base sur le recensement de 2004 et le taux d'accroissement fourni par le HAUT-COMMISSARIAT AU PLAN.

Exemple :

Soit N la population en 2004 et N+1 la population en 2004+X qu'on veut déterminer, donc :

$$N+1 = N \times (1+T_A)^X$$

Avec :

X : la période finale – la période initiale

TA : Taux d'accroissement

III.2. Taux de branchement

III.2.1. Définition

Il existe deux types de branchement :

Branchement Individuels (BI) : La population profite d'un réseau de distribution qui rapport l'eau potable jusqu'au domicile.

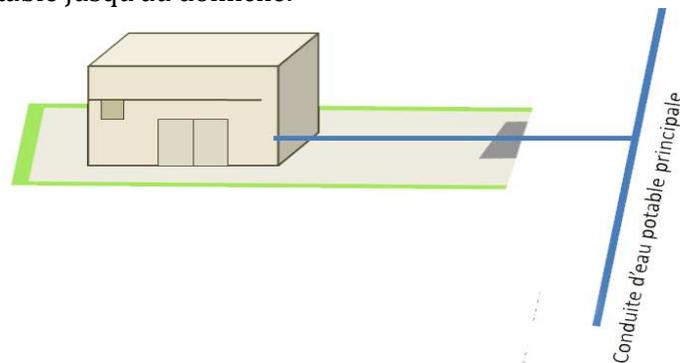


Figure 5: Branchement individuel

Borne fontaine (BF) : La population profite d'un réseau de distribution qui distribue plusieurs bornes fontaine dans la zone habitée.



Figure 6: Borne fontaine

Le taux de branchement représente le pourcentage de la population qui profite d'un branchement individuel, le reste profite automatiquement d'une borne fontaine.

III.2.2. Utilisations

Soit N le nombre de la population et T_B le taux de branchement.

Population branchée N_B :

$$N_B = N \times T_B$$

Population non branchée N_{NB} :

$$N_{NB} = N - N_B$$

III.3. Dotation

III.3.1. Définition

La dotation est le volume moyen d'eau consommé par un seul habitant durant une journée.

Il existe plusieurs types de dotation :

- **Dotation pour une population branchée** : c'est la consommation moyenne d'un habitant qui profite d'un branchement individuel.
- **Dotation pour une population non branchée** : c'est la consommation moyenne d'un habitant qui profite d'une borne fontaine.
- **Dotation industriel ou administrative** : c'est l'eau réservée aux établissements industriels et administratifs (s'ils existent).

III.3.2. Utilisation

Dans le milieu rural on prend :

- **Dotation pour une population branchée** : 50 litres/Habitants/Jours.
- **Dotation pour une population non branchée** : 20 litres/Habitants/Jours.

III.4. Consommation

III.4.1. Définition

La consommation représente le volume d'eau en m³ utilisé par une population durant une journée

III.4.2. Utilisation

Soit N le nombre de la population et D sa dotation, la consommation C est :

$$C = N \times D$$

La dotation est exprimée en (l/hab/j), pour avoir la consommation en (m³/j) il suffit de multiplier par 1000.

III.5. Rendements

III.5.1 Définition

Le rendement qualifie la manière dont une action dans laquelle on a initialement investi quelque chose retourne le résultat prévu ou attendu, avec l'idée que ce rendu, soit peut-être plus ou moins performant du fait de l'existence d'imperfections, de gaspillage, d'inertie.

III.5.2. Types de rendements

1. Rendement production : c'est le rendement du réseau production qui lie la station de pompage au réservoir.
2. Rendement distribution: c'est le rendement du réseau distribution qui lie le réservoir aux branchements (individuels ou bornes fontaines).
3. Rendement global pompe : c'est le rendement global de la pompe de refoulement, il est constitué du rendement pompe et rendement moteur.

III.6. Besoins de la population

III.6.1. Débit moyen de distribution

$$Q_{DM} = \frac{C}{\eta_d}$$

Le débit moyen de distribution doit être en (l/s), donc on doit convertir la consommation du m³/j au l/s, il suffit de multiplier par $\frac{1000}{3600 \times 24}$.

Donc le débit moyen de distribution en (l/s) :

$$Q_{DM} = \frac{C}{\eta_d} \times \frac{1000}{3600 \times 24}$$

III.6.2. Débit de distributions à la pointe horaire

$$Q_{PH} = Q_{DM} \times 2$$

III.6.3. Débit moyen de Production

$$Q_{PM} = \frac{C}{\eta_d \times \eta_p}$$

Le débit moyen de production doit être en (l/s), donc on doit convertir la consommation du m³/j au l/s, il suffit de multiplier par $\frac{1000}{3600 \times 24}$.

Donc le débit moyen de production en (l/s) :

$$Q_{PM} = \frac{C}{\eta_d \times \eta_p} \times \frac{1000}{3600 \times 24}$$

III.6.4. Débit de distributions à la pointe journalière

$$Q_{PJ} = Q_{PM} \times 1,5$$

Avec :

- η_d : Rendement distribution.
- η_p : Rendement production.

NB : TOUTS LES DEBITS SONT EXPRIME EN (L/S).

III.7. Le réservoir

III.7.1. Temps d'autonomie du réservoir

Le temps d'autonomie du réservoir est la durée dont le réservoir peut satisfaire les besoins de la population.

III.7.2. La capacité du réservoir

La capacité du réservoir est calculée selon les besoins moyens de chaque population, donc en fonction du débit moyen de distribution.

$$V = Q_{DM} \times T_a$$

T_a représente le temps d'autonomie du réservoir en (heurs)

Le volume ou la capacité du réservoir est calculé en m^3 donc on doit convertir le débit moyen de distribution en m^3/h , il suffit de multiplier par 3,6.

Donc :

$$V = Q_{DM} \times 3,6 \times T_a$$

On ajoute une réserve d'incendie V_0 à cette capacité comme suit :

$$\begin{cases} V < 200 m^3 \Rightarrow V_0 = 0 \\ 200 < V \leq 500 m^3 \Rightarrow V_0 = 60 m^3 \\ V > 500 m^3 \Rightarrow V_0 = 120 m^3 \end{cases}$$

III.7.3. Le coût du réservoir

On calcule le coût du réservoir en utilisant la relation suivante

$$\begin{cases} V < 100 m^3 \Rightarrow C_R = V \times 4100 \\ 100 \leq V < 1000 m^3 \Rightarrow C_R = V \times 1200 + 290700 \\ 1000 \leq V < 5000 m^3 \Rightarrow C_R = V \times 1100 + 215800 \end{cases}$$

Avec :

- V : Volume du réservoir en (m^3)
- C_R : coût du réservoir en (DH)

III.8. Calcul d'énergie

III.8.1. Puissance hydraulique

La puissance hydraulique est la puissance fournie par la pompe et se calcule comme suit :

$$P_h = Q_{PJ} \times HMT \times \rho \times g$$

$$\text{HMT} = H_g + \Delta H$$

Avec :

- P_h : Puissance hydraulique en (Watt)
- Q_{PJ} : Débit à la pointe journalière en (m^3/s)
- HMT : Hauteur manométrique totale en (m)
- H_g : Hauteur géométrique en (m)
- ΔH : Les pertes de charges
- $\rho=1000$ (Kg/m^3) : La masse volumique de l'eau
- $g=9,81$ ($\text{m}^2.\text{s}^{-2}$) : Accélération de la pesanteur

III.8.2. Puissance électrique

La puissance électrique s'exprime comme suit en (Watt):

$$P_E = \frac{P_h}{\eta_G}$$

Avec :

- η_G : Rendement du groupe électropompe

III.8.3. Énergie électrique

L'énergie électrique est l'énergie utilisée par le groupe électropompe pour produire une puissance hydraulique durant un temps bien définie.

Cette énergie s'exprime en (Watt heures) comme suit :

$$E = P_E \times T_{\text{annuelle}}$$

Avec :

- T_{annuelle} : Le temps de fonctionnement de la pompe en (heurs/an)
- V : Capacité du réservoir en (m^3)
- V_0 : Réserve incendie en (m^3)
- Q_E : Débits entrant du réservoir en (m^3/h)
- Q_S : Débits sortant du réservoir en (m^3/h)

REMARQUE :

La pompe travaille durant le temps T_p pour remplir le réservoir, son fonctionnement s'arrête automatiquement quand le réservoir est remplie et recommence quand le volume restant dans le réservoir est V_0 .

III.9. Le coût d'exploitation

Le coût énergétique

L'ONEE-BE paye 1DH pour chaque KWh d'énergie, donc le coût est :

$$C_E = E \times \text{PRIX}_E$$

Avec :

- C_E : Coût énergétique en (DH)
- E : Énergie en (KWh)
- $\text{PRIX}_E = 1\text{DH}/\text{KWh}$

III.10. Bénéfices du projet

Le bénéfice d'un projet d'alimentation en eau potable est représenté dans le coût de vente du volume distribué en m^3 .

Le volume distribué sur la population est le total de la consommation (voir III.4)

Donc le bénéfice est :

$$B = C \times \text{PRIX}_T$$

Avec :

- C : Consommation en (m³/j)
- PRIX_T est de 2,54 DH pour les bornes fontaines.

Pour avoir le bénéfice annuelle on doit multiplier par 365 jours.

III.11. Temps de retour surinvestissement

III.11.1. Définition

Le retour sur investissement se traduit par le rapport entre le montant d'un investissement et les bénéfices escomptés sur une durée donnée. On calcule en combien de temps l'investissement initial sera remboursé par les revenus bruts du projet.

III.11.2. Calcul du temps de retour sur investissement

Pour calculer le temps de retour sur investissement on procède comme suit :

- On partage les charges du projet sur 5 ans (Temps d'amortissement) et on l'actualise avec un taux d'actualisation chaque année.
- On calcule le cumul des charges actualisé et des bénéfices durant ces 5 années.

Comme sa définition le dit, le temps de retour sur investissement est le temps que prend le bénéfice pour dépasser les charges, donc il suffit de faire la différence entre le bénéfice et les charges du projet.

IV – Étude d'un modèle théorique

IV.1. Introduction

Avant de travailler sur une population réelle et pour faciliter l'étude on commence d'abord par étudier le comportement d'une population théorique.

Vue que le prix des conduites, ligne électrique et équipements n'influence pas sur le temps d'autonomie d'un réservoir d'eau, on se limite sur le coût d'installation du réservoir qui varie selon le temps d'autonomie.

IV.2. Rassemblement des données de la population

Comme j'ai déjà mentionné, on se base sur le recensement de 2004 pour définir la population à l'horizon de 2030 (voir III.1).

Soient les données suivant qu'on va utiliser durant cette étude théorique :

- 1) Population en 2004 : 500 Habitants.
- 2) Taux d'accroissement : 1%.
- 3) Taux de branchements : 0%.
- 4) Dotations non branché : 20 l/hab/j.
- 5) Rendements distributions : 80%.
- 6) Rendements production : 95%.
- 7) Durée d'amortissement : 5ans.
- 8) Taux d'actualisation du DH : 4%.
- 9) Hauteur manométrique totale (HMT) : 100m
- 10) Rendements du groupe électropompes : 50%.
- 11) Coûts du KWh d'énergie : 1DH.
- 12) La masse volumique de l'eau $\rho=1000$ (Kg/m³).
- 13) Accélération de la pesanteur $g=9,81$ (m².s⁻²).

IV.3. Calcul des besoins

IV.3.1. Population en 2030

L'ONEE-BE se base sur la population en 2030 pour calculer les besoins car le projet a une durée de vie jusqu'à 2030

Pour cela on utilise le recensement de 2004(voir III.1)

$$\text{Population}_{2013} = \text{Population}_{2004} * (1+0,1)^{(2013-2004)}$$

$$\text{Population}_{2030} = \text{Population}_{2025} * (1+0,1)^{(2030-2025)}$$

Année	2004	2013	2015	2020	2025	2030
Pop. (hab)	500	547	558	586	616	648
Taux d'accroissement	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Table 1: Population Théorique

IV.3.2. Consommation

La consommation se calcule de la façon suivante (voir III.4) est :

$$C = N \times D$$

Consommation (m3/j)						
Pop non branchée	-	10,94	11,16	11,73	12,32	12,95

Table 2: Consommation - Pop Théorique

IV.3.3. Différents débits

Débit moyen de distribution

$$Q_{DM} = \frac{C}{\eta_d} \times \frac{1000}{3600 \times 24}$$

Débit de distributions à la pointe horaire

$$Q_{PH} = Q_{DM} \times 2$$

Débit moyen de Production

$$Q_{PM} = \frac{C}{\eta_d \times \eta_p} \times \frac{1000}{3600 \times 24}$$

Débit de distributions à la pointe journalière

$$Q_{PJ} = Q_{PM} \times 1,5$$

(Voir III.6)

Résultats obtenu pour la population :

Besoins de distribution (l/s)						
Moyens	-	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19
Coefficient de Pointe Journalière		1,50	1,50	1,50	1,50	1,50
Pointe journalière	-	0,24	0,24	0,25	0,27	0,28
Coefficient de Pointe Horaire		2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
Pointe horaire	-	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56
Besoins de production (l/s)						
Moyens	-	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20
Pointe journalière	-	0,25	0,25	0,27	0,28	0,50

Table 3: Besoins de distributions et de production - Pop Théorique

On regroupe les résultats obtenus jusqu'à maintenant sur le tableau suivant :

Année	2004	2013	2015	2020	2025	2030
Pop. (hab)	500	547	558	586	616	648
Taux d'accroissement	-	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Taux de branchement (%)	-	0%	0%	0%	0%	0%
Pop branchée (hab)	-	-	-	-	-	-
Pop non branchée (hab)	-	547	558	586	616	648
Dotation (l/hab/j)						
Pop. Branchée	-	50	50	50	50	50
Pop. Non branchée	-	20	20	20	20	20
Administrative	-	0	0	0	0	0
Consommation (m3/j)						
Pop. Branchée	-	-	-	-	-	-
Pop non branchée	-	10,94	11,16	11,73	12,32	12,95
Administrative	-	-	-	-	-	-

Total	-	10,94	11,16	11,73	12,32	12,95
Rendement (%)						
distribution	-	80	80	80	80	80
adduction	-	95	95	95	95	95
Global	-	76	76	76	76	76
Besoins de distribution (l/s)						
Moyens	-	0,16	0,16	0,17	0,18	0,19
Pointe journalière	-	0,24	0,24	0,25	0,27	0,28
Pointe horaire	-	0,47	0,48	0,51	0,53	0,56
Besoins de production (l/s)						
Moyens	-	0,17	0,17	0,18	0,19	0,20
Pointe journalière	-	0,25	0,25	0,27	0,28	0,50

Table 4: Données et Besoins - Pop Théorique

IV.4. Calcul de la capacité du réservoir et étude du coût investissement

IV.4.1. Capacité du réservoir

Pour calculer la capacité du réservoir on a :

$$V = Q_{DM} \times 3,6 \times T_a$$

(Voir III.7)

Après les calculs on trouve :

Autonomie (h)	Capacité Réservoir sans réserve Incendie (m3)
1	1
2	1
3	2
4	3
5	3
6	4
7	5
8	5
9	6
10	7
11	7
12	8
13	9
14	9
15	10

16	11
17	11
18	12
19	13
20	13
21	14
22	15
23	16
24	16

Table 5: Capacité du réservoir sans Réserve incendie - Pop Théorique

REMARQUE :

On remarque qu'on ne va pas ajouter de réserve incendie pour ce modèle, mais on va arrondir les résultats pour avoir des volume pratiquement réalisables.

Exemple :

Pour un volume de 7m³ on va installer un réservoir de 10m³

Le tableau devient :

Autonomie (h)	Capacité arrondie Réservoir avec réserve Incendie (m3)
1	10
2	10
3	10
4	10
5	10
6	10
7	10
8	10
9	10
10	10
11	10
12	10
13	10
14	10
15	20
16	20
17	20
18	20
19	20
20	20
21	20
22	20
23	20

Table 6: Capacité arrondie avec réserve incendie - Pop Théorique

IV.4.2. Coût du réservoir

Pour calculer le coût du réservoir on applique la formule suivante :

$$\begin{cases} V < 100 m^3 \Rightarrow C_R = V \times 4100 \\ 100 \leq V < 1000 m^3 \Rightarrow C_R = V \times 1200 + 290700 \\ 1000 \leq V < 5000 m^3 \Rightarrow C_R = V \times 1100 + 215800 \end{cases}$$

Donc le coût du réservoir pour chaque temps d'autonomie est :

Autonomie (h)	Capacité arrondie Réservoir avec réserve Incendie (m3)	Coût Investissement (DH)
1	10	41 000
2	10	41 000
3	10	41 000
4	10	41 000
5	10	41 000
6	10	41 000
7	10	41 000
8	10	41 000
9	10	41 000
10	10	41 000
11	10	41 000
12	10	41 000
13	10	41 000
14	10	41 000
15	20	82 000
16	20	82 000
17	20	82 000
18	20	82 000
19	20	82 000
20	20	82 000
21	20	82 000
22	20	82 000
23	20	82 000
24	20	82 000

Table 7: Coût investissement du projet - Pop Théorique

On trace le graphe qui représente l'évolution du coût du réservoir selon son temps d'autonomie

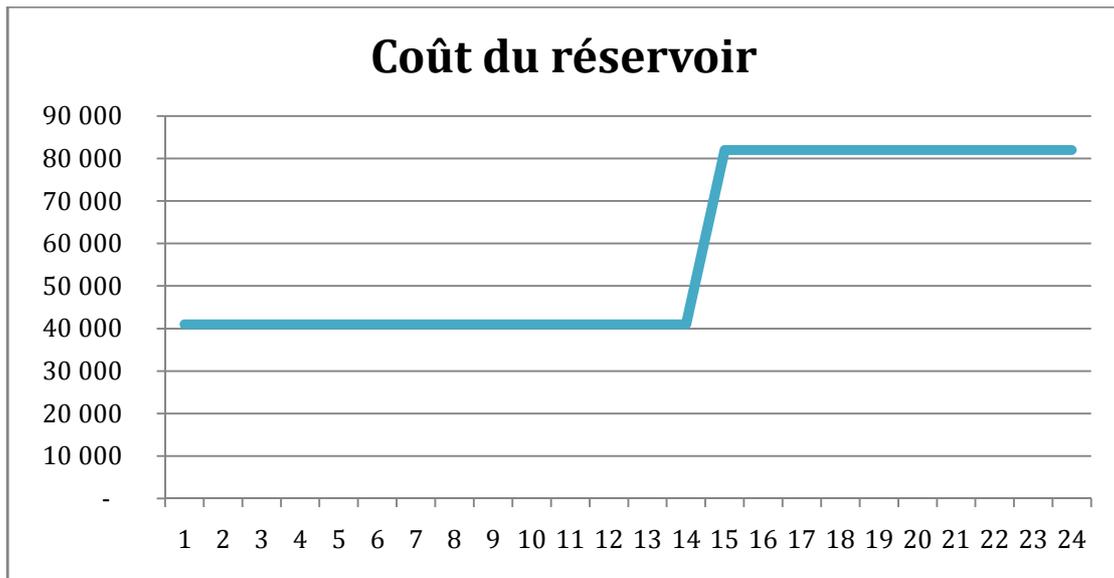


Figure 7: Coût du réservoir - Étude théorique

REMARQUE :

On remarque que le coût du réservoir est croissant ce qui est évident. On note que ce coût représente le coût d'investissement du projet.

IV.5. Calcul du temps de fonctionnement de la pompe

IV.5.1. Groupe Électropompe

Dans une station de pompage on trouve le groupe électropompe constitué d'un moteur qui transforme la puissance électrique en puissance mécanique, et d'une pompe qui transforme cette puissance en puissance hydraulique.

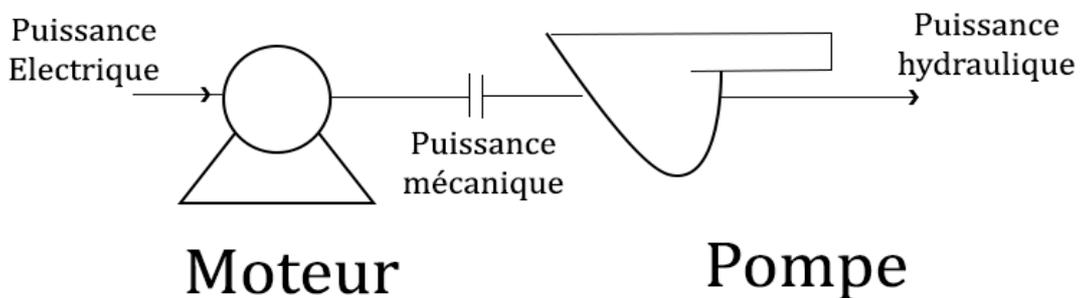


Figure 8: Groupe électropompes

Cette dernière qui donne une pression à l'eau pour passer dans la conduite vers le réservoir.

La pompe continue son fonctionnement jusqu'à ce que le réservoir se rempli, quand le réservoir sera rempli elle se met automatiquement en arrêt.

Le réservoir prend un temps précis pour se vider avec le débit moyen de distribution, c'est ce qu'on appelle temps d'autonomie.

Après que le réservoir se vide la pompe reprend son fonctionnement en refoulant un débit de pointe journalière.

On associe à la pompe deux temps de fonctionnement, le premier est le temps qu'elle met pour remplir le réservoir d'une manière continue pour une seule fois, le deuxième est le temps de son fonctionnement durant toute l'année.

IV.5.2. Le temps de fonctionnement continu de la pompe

Le temps de fonctionnement continu de la pompe est :

$$T_P = \frac{V - V_0}{Q_E - Q_S}$$

Le temps de fonctionnement continu de la pompe (voir III.8-d)

Sachant que V_0 est la réserve incendie, donc on a $V_0 = 0$

Et on a aussi $Q_E = Q_{PJ}$ (débit de pointe journalière en m^3/h) et $Q_S = Q_{DM}$ (débit de distribution moyenne en m^3/h).

Donc cette formule devient

$$T_P = \frac{V}{Q_{PJ} - Q_{DM}}$$

On a calculé ce temps de fonctionnement continu et on a obtenu le résultat suivant :

Autonomie (h)	Temps fonctionnement continu Pompe (h)
1	8,9
2	8,9
3	8,9
4	8,9
5	8,9
6	8,9
7	8,9
8	8,9
9	8,9
10	8,9
11	8,9
12	8,9
13	8,9
14	8,9
15	17,8
16	17,8
17	17,8
18	17,8
19	17,8
20	17,8
21	17,8
22	17,8
23	17,8
24	17,8

Table 8: Temps de fonctionnement continu de la pompe - Pop Théorique

IV.5.3. Temps de fonctionnement annuel de la pompe

Pour calculer le temps de fonctionnement annuel de la pompe on procède de la manière suivante :

Autonomie (h)	Temps fonctionnement continu Pompe (h)
1	8,9

On doit comprendre d'après ce résultat que la pompe prend 8,9 heures pour remplir le réservoir et le réservoir prend 1h pour se vider, c-à-d que la pompe va s'arrêter 1h et reprendre son fonctionnement.

Donc pendant 24h la pompe travaille

$$24 \times \frac{8,9}{8,9+1}$$

Il suffit de multiplier par 365 pour avoir le temps de fonctionnement pendant une année.

Donc :

$$T_{\text{annuel}} = 365 \times 24 \times \frac{T_p}{T_p + T_a}$$

T_a est le temps d'autonomie du réservoir

Les calculs nous donne le tableau suivant :

Autonomie (h)	Temps fonctionnement continu Pompe (h)	Temps fonctionnement par an Pompe (h)
1	8,9	7 874
2	8,9	7 151
3	8,9	6 549
4	8,9	6 041
5	8,9	5 606
6	8,9	5 229
7	8,9	4 900
8	8,9	4 610
9	8,9	4 352
10	8,9	4 122
11	8,9	3 914
12	8,9	3 727
13	8,9	3 557
14	8,9	3 401
15	17,8	4 750
16	17,8	4 610
17	17,8	4 477
18	17,8	4 352
19	17,8	4 234
20	17,8	4 122
21	17,8	4 015
22	17,8	3 914
23	17,8	3 818
24	17,8	3 727

Table 9: Temps de fonctionnement annuel de la pompe - Pop Théorique

Les courbes suivante représentent respectivement le temps de fonctionnement continu de la pompe ainsi que son temps de fonctionnement annuel.

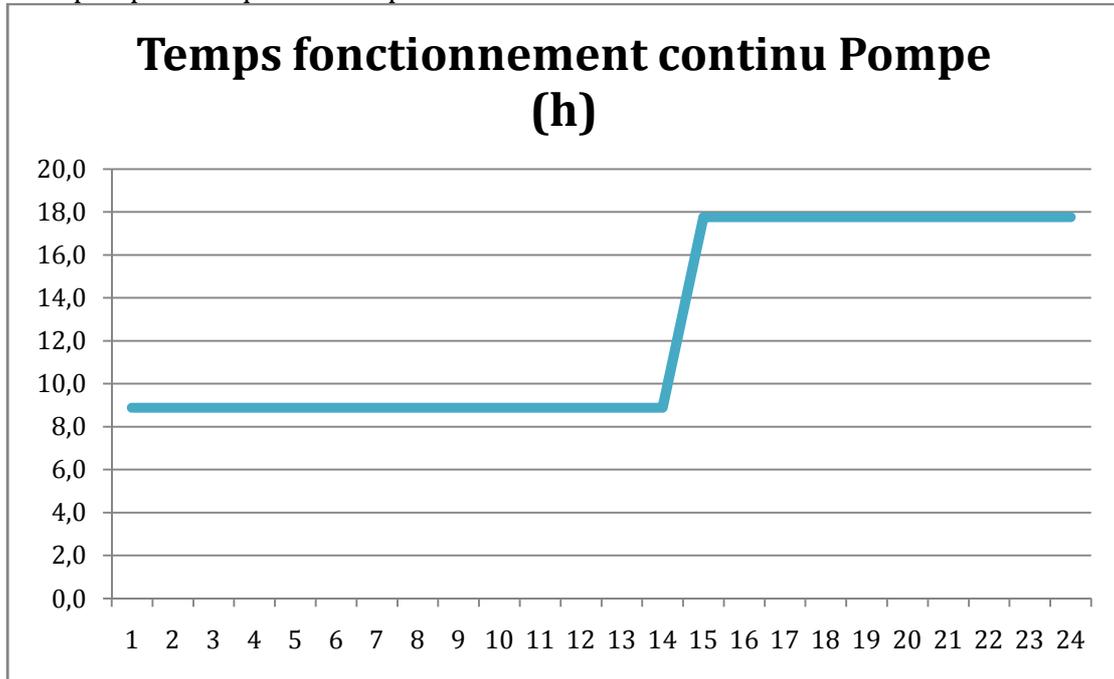


Figure 9: Temps de fonctionnement continu de la pompe

Temps de fonctionnement continu de la pompe

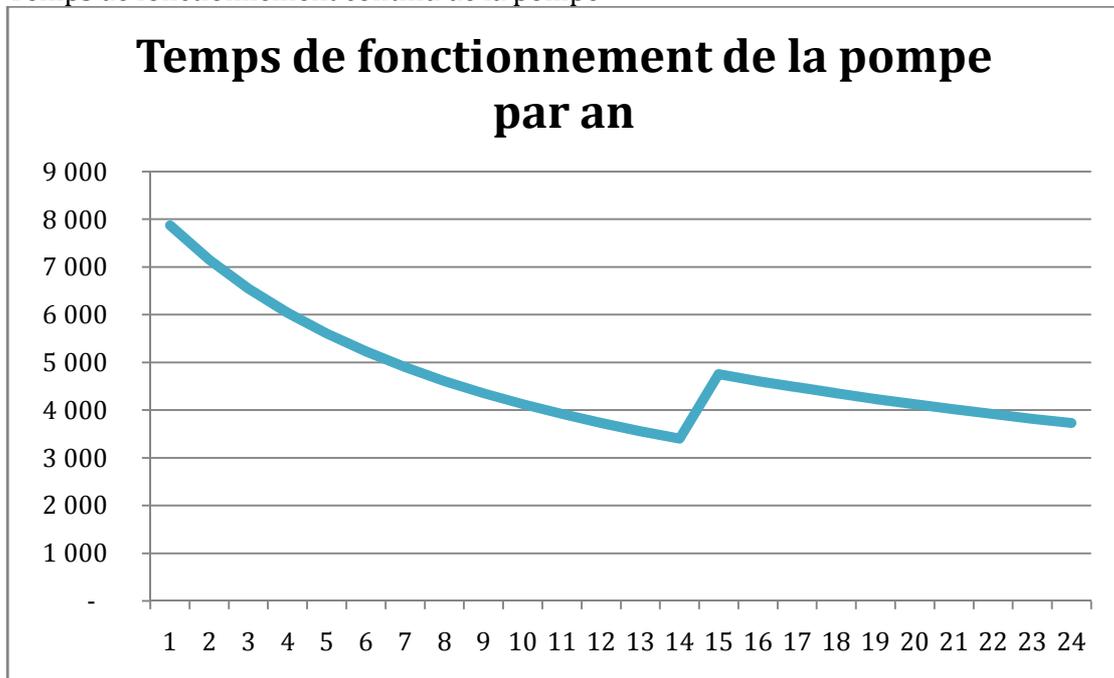


Figure 10: Temps de fonctionnement annuel de la pompe

REMARQUE :

Le deuxième graphe nous donne une vue plus claire sur le temps de fonctionnement de la pompe

On remarque que pour le temps d'autonomie 14h, la pompe travaille moins.

IV.6.Énergie électrique

L'énergie électrique se calcul de la manière suivante :

$$E = P_E \times T_{\text{annuel}}$$

On a :

$$P_E = \frac{P_h}{\eta_G}$$

Et

$$P_h = Q_{PJ} \times HMT \times \rho \times g$$

Avec :

- E : Énergie électrique en (Watt heures)
- P_h : Puissance hydraulique en (Watt)
- Q_{PJ} : Débit à la pointe journalière en (m³/s)
- HMT=50 (m) : Hauteur manométrique totale
- ρ=1000 (Kg/m³) : La masse volumique de l'eau
- g=9,81 (m².s⁻²) : Accélération de la pesanteur

(Voir III.8)

On regroupe les calculs concernant la puissance hydraulique et électrique puis l'énergie électrique dans le tableau suivant

Autonomie (h)	Puissance Hydraulique (KW)	Puissance Électrique (KW)	Énergie Électrique (KWH)
1	0,49	0,98	7 724,28
2			7 014,71
3			6 424,53
4			5 925,96
5			5 499,20
6			5 129,77
7			4 806,86
8			4 522,19
9			4 269,35
10			4 043,29
11			3 839,97
12			3 656,11
13			3 489,06
14			3 336,60
15			4 660,18
16			4 522,19
17			4 392,13
18			4 269,35
19			4 153,25
20			4 043,29
21			3 939,01
22			3 839,97
23			3 745,78

24		3 656,11
----	--	----------

Table 10: Énergie Électrique consommé - Pop Théorique

REMARQUE :

On remarque que la puissance hydraulique et la puissance électrique ne dépendent pas du temps d'autonomie du réservoir car elles dépendent seulement du débit de pointe journalière, de la HMT et du rendement du groupe électropompe, par contre l'énergie consommé par la pompe dépend du temps d'autonomie.

IV.7. Coût énergétique

Comme j'ai déjà mentionné dans la neuvième partie du troisième chapitre, l'office national de l'eau et de l'électricité branche eau paye 1DH pour chaque KWh d'énergie consommé.

Le tableau suivant représente le coût énergétique annuel dépensé pour chaque temps d'autonomie.

Autonomie (h)	ÉnergieÉlectrique (DH)
1	7 724,28
2	7 014,71
3	6 424,53
4	5 925,96
5	5 499,20
6	5 129,77
7	4 806,86
8	4 522,19
9	4 269,35
10	4 043,29
11	3 839,97
12	3 656,11
13	3 489,06
14	3 336,60
15	4 660,18
16	4 522,19
17	4 392,13
18	4 269,35
19	4 153,25
20	4 043,29
21	3 939,01
22	3 839,97
23	3 745,78
24	3 656,11

Table 11: Coût énergétique annuel - Pop Théorique

La courbe suivante représente le coût énergétique en fonction du temps d'autonomie.

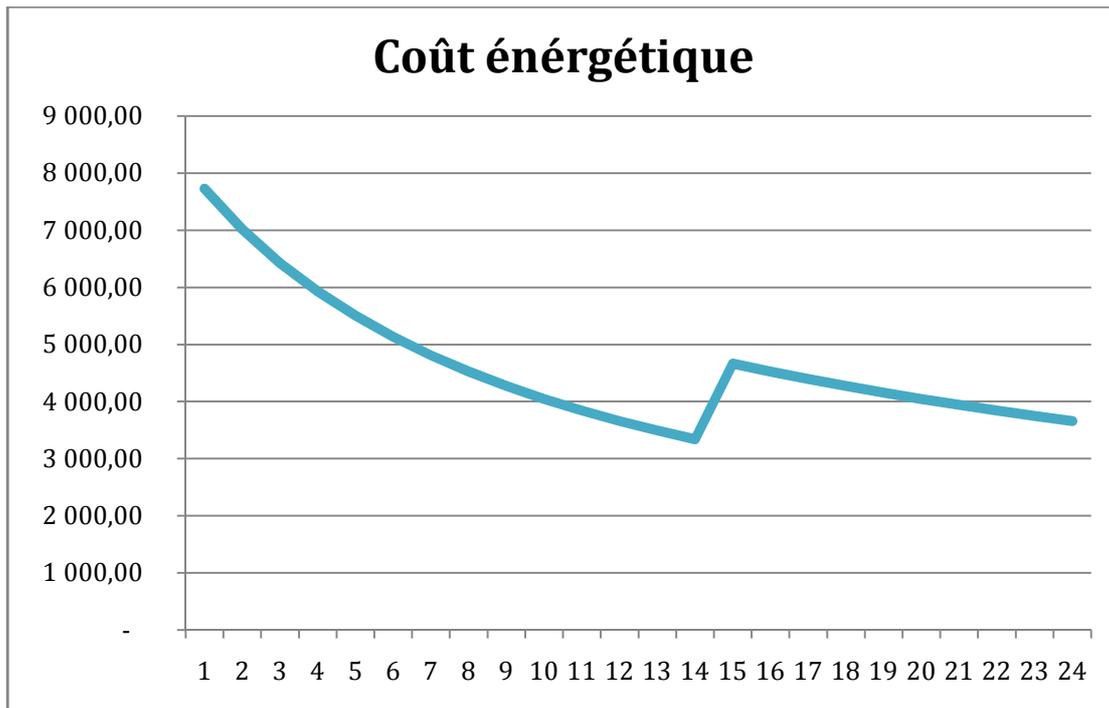


Figure 11: Coût énergétique - Étude théorique

REMARQUE :

On remarque que pour le temps d'autonomie de 14h le coût énergétique est minimal, ce qui est logique car on a déjà remarqué que pour 14h le temps annuel de fonctionnement de la pompe est minimal.

IV.8. Bénéfices du projet

Le bénéfice d'un projet d'alimentation en eau potable est représenté dans le coût de vente du volume distribué en m³. (Voir III.9)

Le volume distribué sur la population est le total de la consommation (Voir III.4)

Donc le bénéfice est :

$$B = C \times \text{PRIXT}$$

On a $\text{PRIXT} = 2,54\text{DH}$

ET $C = 12,95 \text{ m}^3/\text{J}$ en 2030

Donc :

$$B = 12,95 \times 2,54 \times 365$$

$$B = 12008 \text{ DH/an}$$

IV.9. Temps de retour sur investissement

Allez au chapitre (III.10) pour voir les étapes de calculs du temps de retour sur investissement.

IV.9.1. Amortissement du projet

a. Définition

L'amortissement d'un bien d'investissement est la répartition systématique de son montant amortissable sur la durée de son utilisation dans l'entité.

b. Amortir notre projet

Pour calculer une annuité d'amortissement, on divise le coût d'investissement par la durée d'amortissement.

On prend 5 ans comme durée d'amortissement durant cette étude.

Le tableau suivant résume les calculs d'amortissement du projet.

Autonomie (h)	Coût Investissement (DH)	Année 1	Année 2	Année 3	Année 4	Année 5
1	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
2	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
3	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
4	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
5	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
6	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
7	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
8	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
9	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
10	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
11	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
12	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
13	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
14	41 000	8 200	8 528	8 869	9 224	9 593
15	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
16	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
17	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
18	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
19	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
20	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
21	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
22	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
23	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186
24	82 000	16 400	17 056	17 738	18 448	19 186

Table 12: Amortissement et actualisation du coût investissement - Pop Théorique

REMARQUE :

N'oubliez pas qu'on actualise les annuités chaque année avec le taux d'actualisation.

IV.9.2. Cumul des charges et bénéfiques du projet

a. Cumul des charges

Le cumul des charges est calculé de la manière suivante :

Pour la première année les charges sont la première annuité du coût investissement + le coût énergétique, pour les années de suite on ajoute l'annuité et le coût énergétique à l'annuité qui précède ...

Exemple de calcul pour le temps d'autonomie 1h

Autonomie (h)		1	2	3	4	5
1	par Année	15 924	16 252	16 593	16 948	17 317
	Cumul	15 924	32 177	48 770	65 718	83 035

Table 13: Cumul des charges - Pop Théorique

La première ligne « par année » représente l'annuité + le coût énergétique de chaque année, la deuxième représente le cumul.

b. Cumul des bénéfiques

De la même manière que pour les charges, le cumul des bénéfiques est le suivant pour 1h

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

Ventes	par Année	12 008	12 008	12 008	12 008	12 008
	Cumul	12 008	24 017	36 025	48 033	60 042

Table 14: Prix de vente de l'eau distribué - Pop Théorique

REMARQUE :

Le bénéfices ne dépend pas du temps d'autonomie du réservoir.

IV.9.3. Calcul du temps de retour sur investissement

Pour calculer le temps de retour sur investissement on étale le cumul sur les années qui suivent sachant que après le temps d'amortissement (5ans) le coût d'investissement devient nul, il ne reste que le coût énergétique.

Le graphe suivant contient les informations suivantes :

- Cumul des charges pour les 24 heures d'autonomie
- Cumul des bénéfices du projet

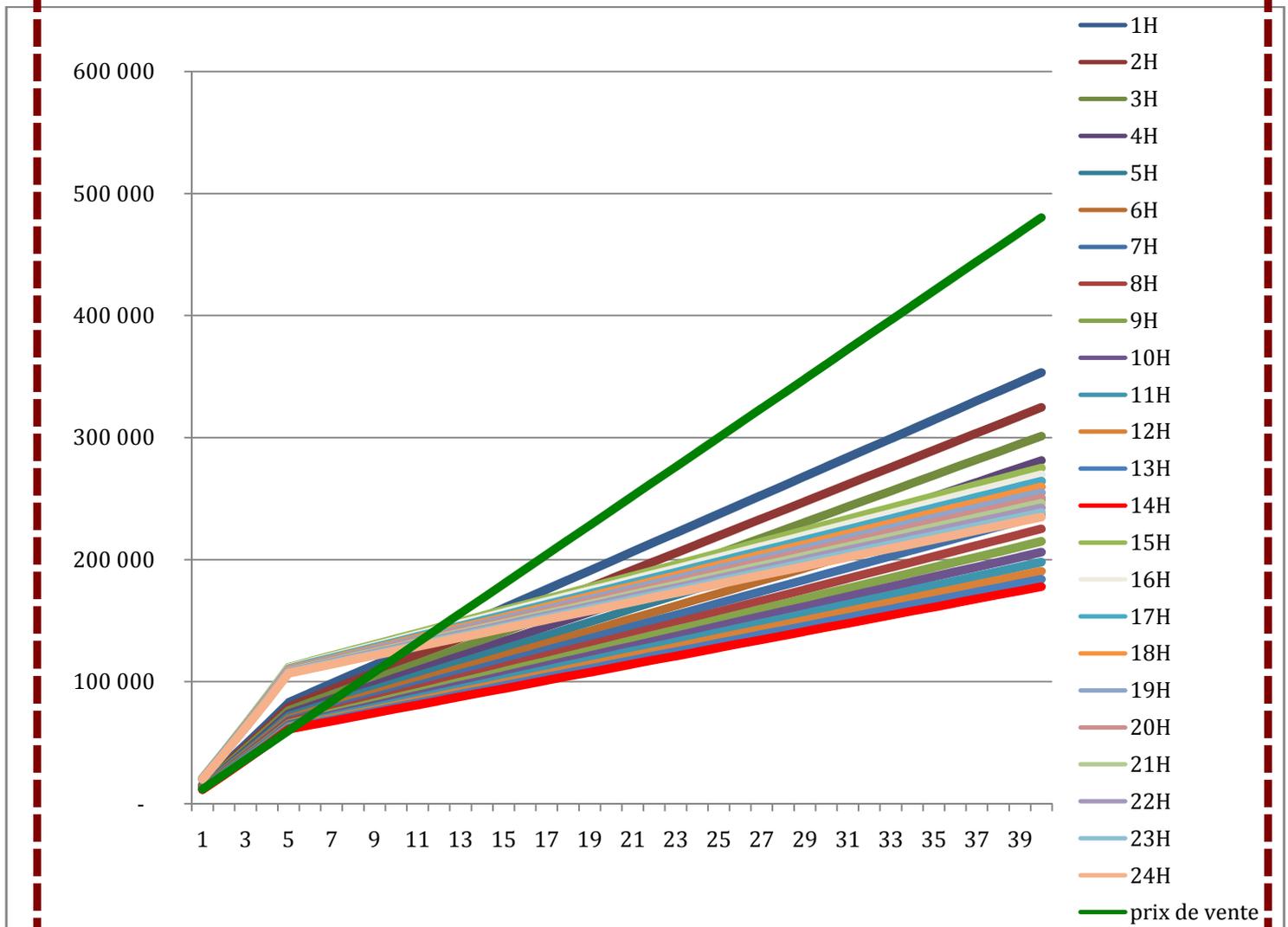


Figure 12: Charges et bénéfices du projet - Étude théorique

La courbe verte représente le cumul des bénéfices durant 40 ans.

Les autres courbes représentent les charges des 24 heures d'autonomie du réservoir.

Le temps de retour sur l'investissement est la projection du point d'intersection entre une courbe de charge et la courbe des bénéfices.

REMARQUE :

On remarque que la courbe de charge rouge qui représente l'autonomie 14H est minimale.

On a regroupé les temps de retour sur investissement pour les 24 heures d'autonomie d'un réservoir dans le tableau suivant :

Autonomie (h)	Temps de retour sur l'investissement (an)
1	11
2	9
3	8
4	8
5	7
6	7
7	7
8	6
9	6
10	6
11	6
12	6
13	6
14	6
15	13
16	12
17	12
18	12
19	12
20	12
21	12
22	11
23	11
24	11

Table 15: Temps de retour sur l'investissement - Pop Théorique

On trace le graphe qui représente ce tableau pour suivre l'évolution du temps de retour sur l'investissement pour chaque temps d'autonomie :

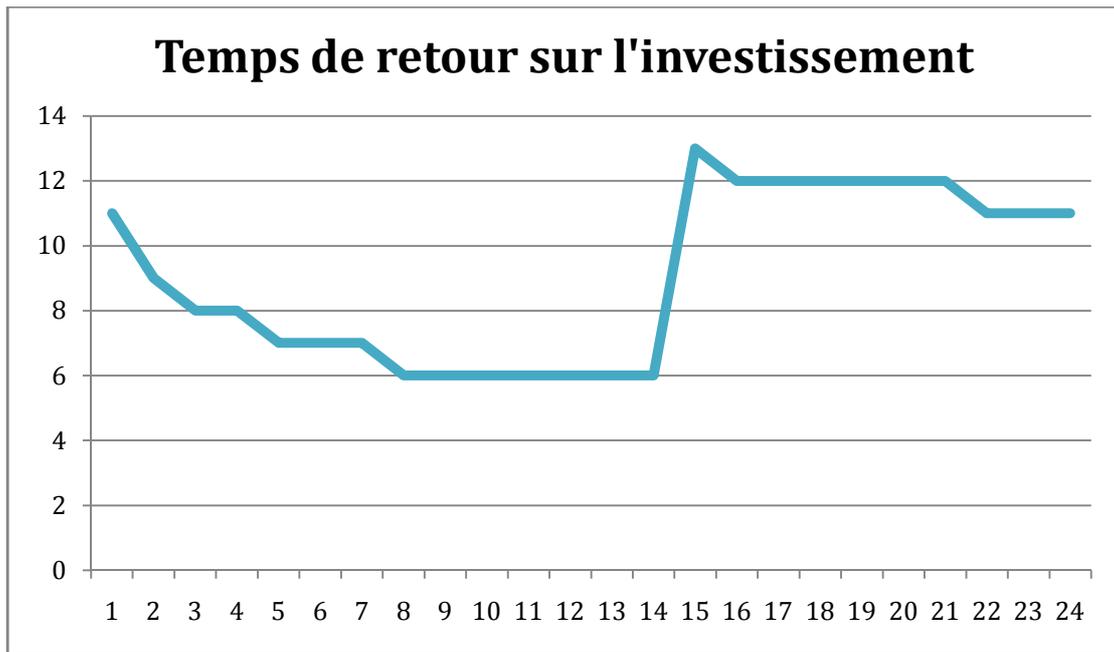


Figure 13: Temps de retour sur l'investissement - Étude théorique

REMARQUE :

Le temps de retour sur investissement minimal est 6 ans.
Ce temps est atteint pour les temps d'autonomie 8, 9, 10, 11, 12, 13 et 14 heures.

IV.10. Conclusion

D'après la [figure 12](#) qui représente le coût énergétique, le minimum est atteint en 14 heures d'autonomie, donc c'est préférable de prendre 14 heures comme temps d'autonomie optimal dans ce projet.

V. Expérimentation

V.1. Introduction

Dans cette partie on va étudier une population réelle, spécifiquement Bab Marzouka. L'étude de ce projet est déjà effectuée par l'office, durant ce chapitre on va critiquer les temps d'autonomie et les capacités des réservoirs mise en œuvre. Pour faire cela on a crée durant ce stage une application Excel qui facilite l'étude et que l'office peut utiliser ensuite pour effectuer ces études.

V.2. Application Excel

L'importance de cette application se résume dans la possibilité de manipuler les données de la population et effectuer tout le calcul qu'on a vu durant le chapitre précédent pour finalement obtenir un temps d'autonomie optimal.

V.3. Objectif du projet

Alimentation en eau potable des populations rurales relevant de la province de Taza, projet d'AEP de 13 douars relevant de la commune rurale bab marzouka à partir de l'adduction bab louta.

V.4. Présentation de la population

Le projet se constitue de 3 systèmes indépendants :

1. Système Dar Boulassouak
2. Système Zdidza
3. Système Dar Youssef – Tighardoussane

Chacun des 3 systèmes a son réseau de production et de distribution.

V.5. Système Dar Boulassouak

V.5.1. Données de la population

- 1) Population en 2004 : 1750 Habitants.
- 2) Taux d'accroissement : 1%.
- 3) Taux de branchements : 80% en 2030.
- 4) Dotations de la population non branché : 20 l/hab/j.
- 5) Dotations de la population branché : 50 l/hab/j.
- 6) Rendements distributions : 80%.
- 7) Rendements production : 95%.
- 8) Durée d'amortissement : 5ans.
- 9) Taux d'actualisation du DH : 4%.
- 10) Hauteur manométrique totale (HMT) : 195m.
- 11) Rendements du groupe électropompes : 45%.
- 12) Coûts du KWh d'énergie : 1DH.

V.5.2. Étude effectué par l'office

La capture d'écran suivante résume l'étude effectuée par l'office national de l'électricité et de l'eau potable branche eau concernant Dar Boulassouak.

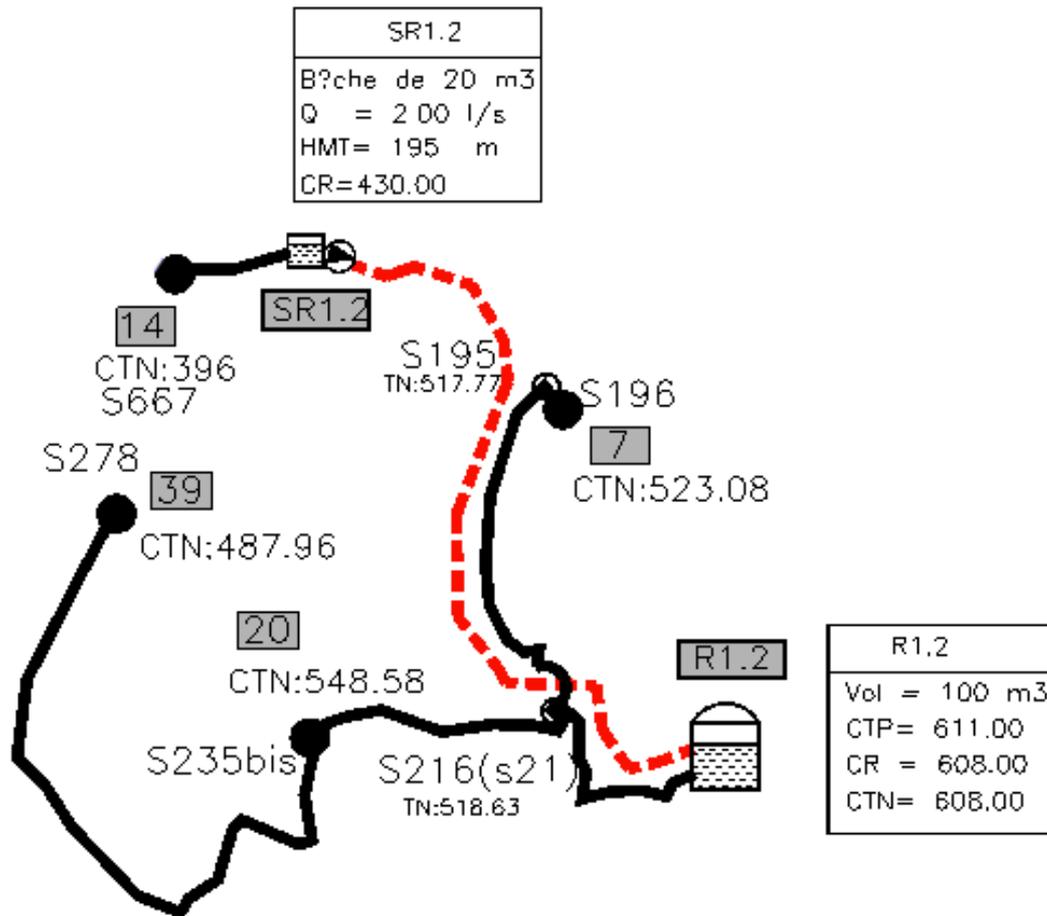


Figure 14: Dar Boulassouak

R1.2 est un réservoir qui a une capacité de 100m³, une autonomie de 12h.

V.5.3. Les résultats de l'étude

En fonction des données (V.5.1) l'application Excel effectuée toute l'étude et nous donne les résultats suivants :

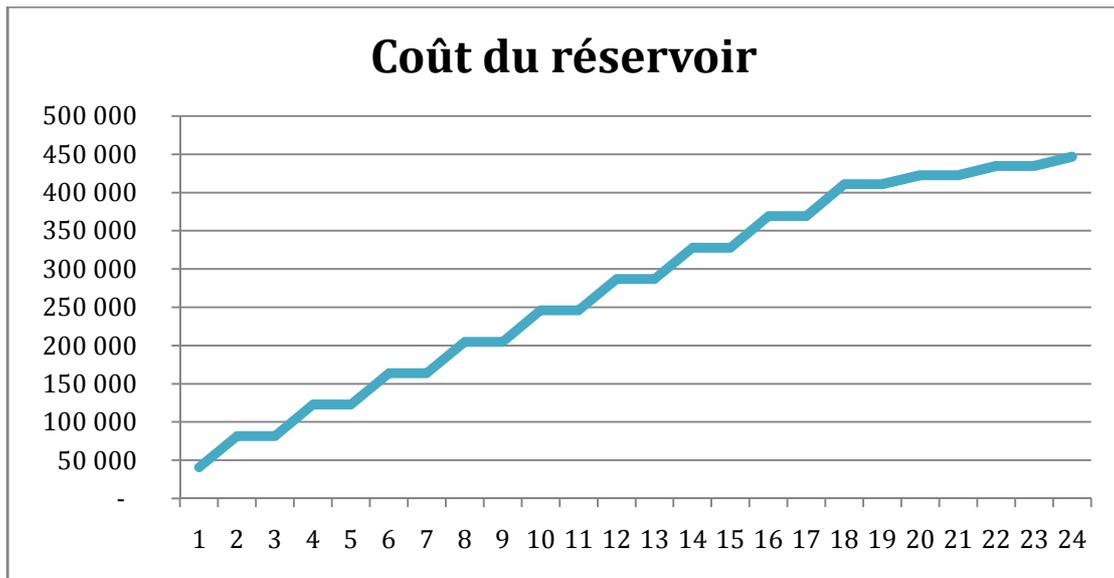


Figure 15: Coût du réservoir - Dar Boulassouak

Le coût du réservoir est croissant car sa capacité croit en fonction de l'autonomie

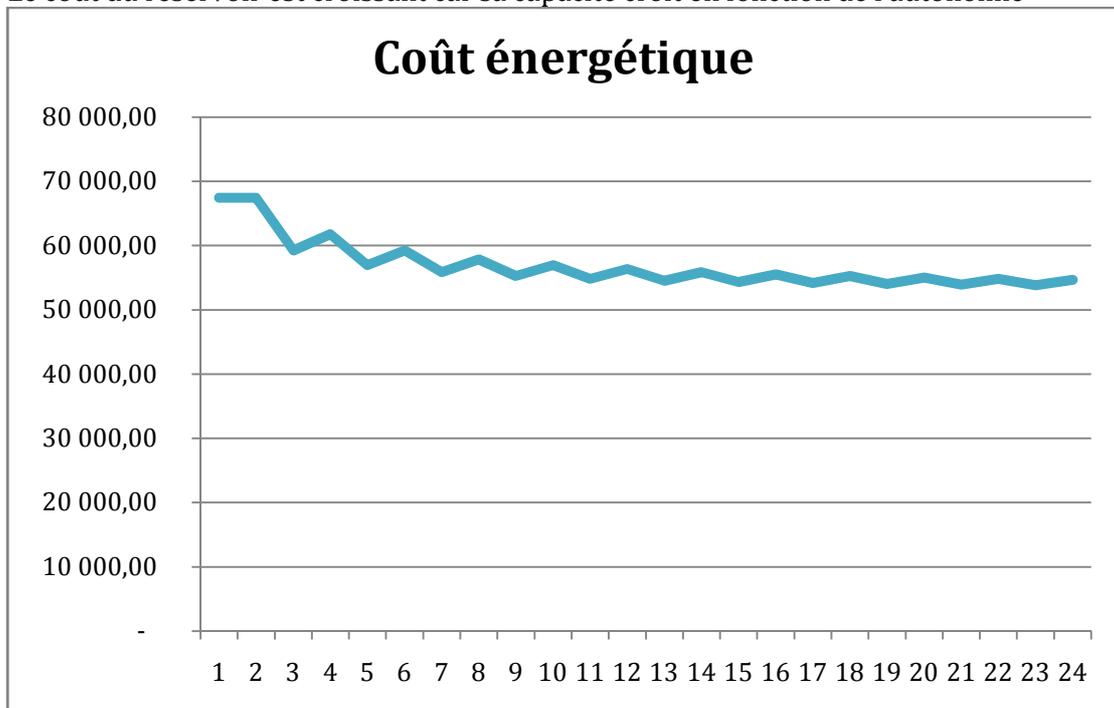


Figure 16: Coût énergétique - Dar Boulassouak

REMARQUE :

On remarque que pour le temps d'autonomie de 23h le coût énergétique est minimal.

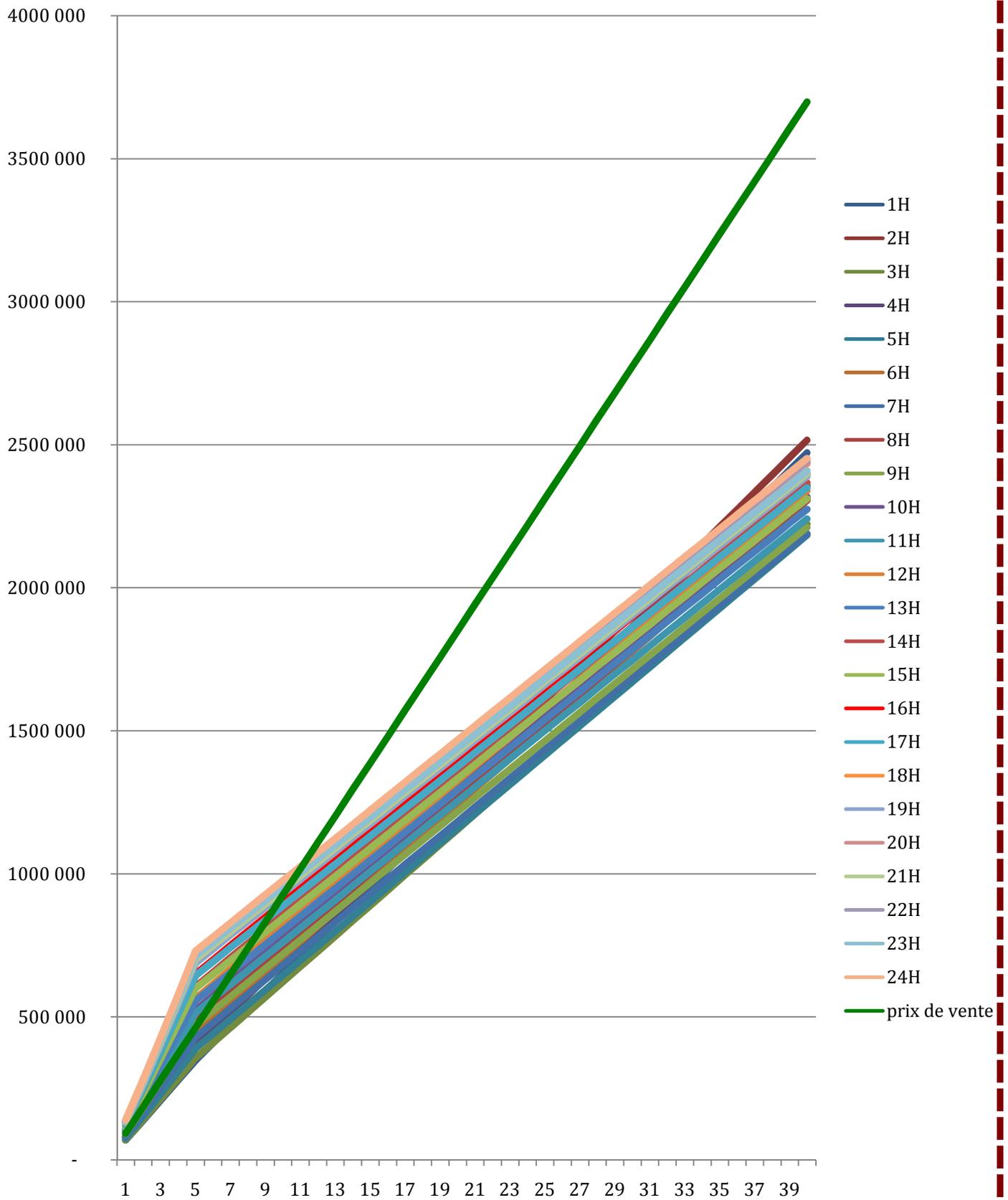


Figure 17: Charges et Bénéfices - Dar Boulassouak

La courbe verte représente le cumul du prix de vente de l'eau potable produite.

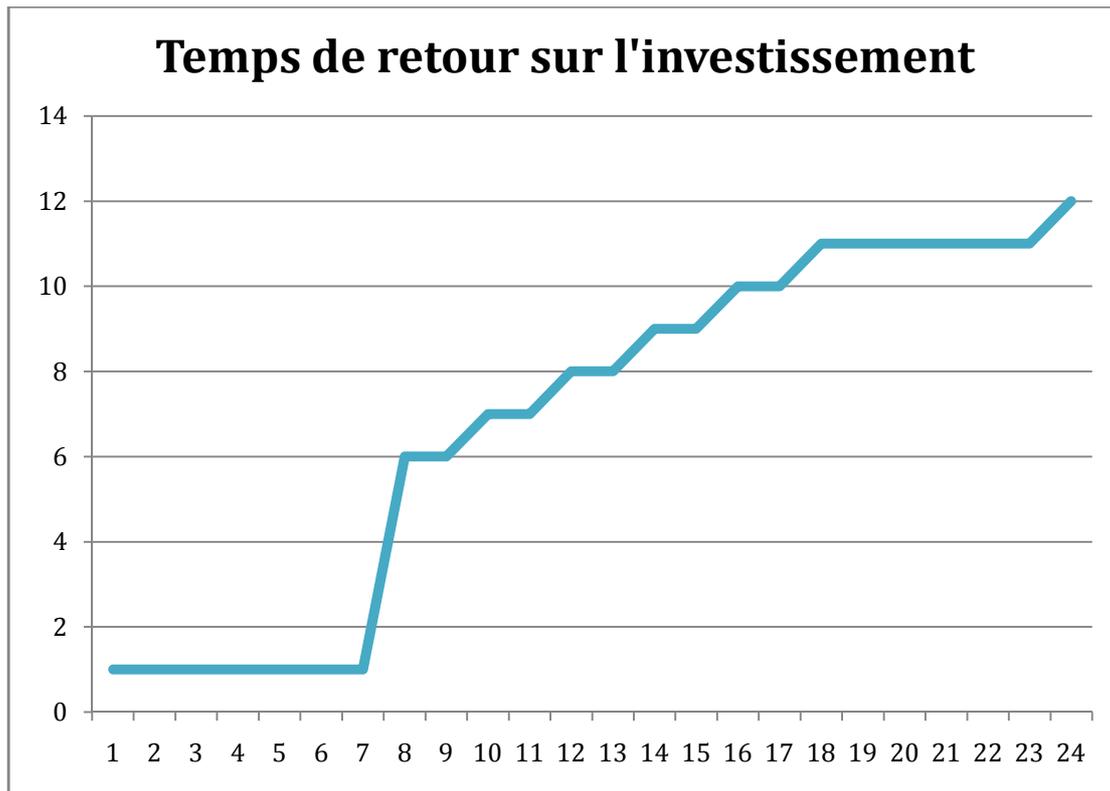


Figure 18: Temps de retour sur l'investissement - Dar Boulassouak

REMARQUE :

Le temps de retour sur investissement minimal est 1an et atteint pour les temps d'autonomie entre 1h et 7h.

V.5.4. Conclusion

Puisque le temps de retour sur investissement optimal est atteint entre 1h et 7h, on prend 7h comme temps d'autonomie optimal car son coût énergétique est inférieur à celui des autres.

V.5.5. Comparaison

La capacité du réservoir arrondie pour 7h d'autonomie est 40 m³.
L'ONEE-BE a installé un réservoir de 100 m³ avec un temps d'autonomie de 12h.

V.6. Système Zdidza

V.6.1. Données de la population

- 1) Population en 2004 : 954 Habitants.
- 2) Taux d'accroissement : 1%.
- 3) Taux de branchements : 80% en 2030.
- 4) Dotations de la population non branché : 20 l/hab/j.
- 5) Dotations de la population branché : 50 l/hab/j.
- 6) Rendements distributions : 80%.
- 7) Rendements production : 95%.
- 8) Durée d'amortissement : 5ans.
- 9) Taux d'actualisation du DH : 4%.
- 10) Hauteur manométrique totale (HMT) : 194m.
- 11) Rendements du groupe électropompes : 45%.
- 12) Coûts du KWh d'énergie : 1DH.

V.6.2. Étude effectuée par l'office

La capture d'écran suivante résume l'étude effectuée par l'office national de l'électricité et de l'eau potable branche eau concernant Zdidza.

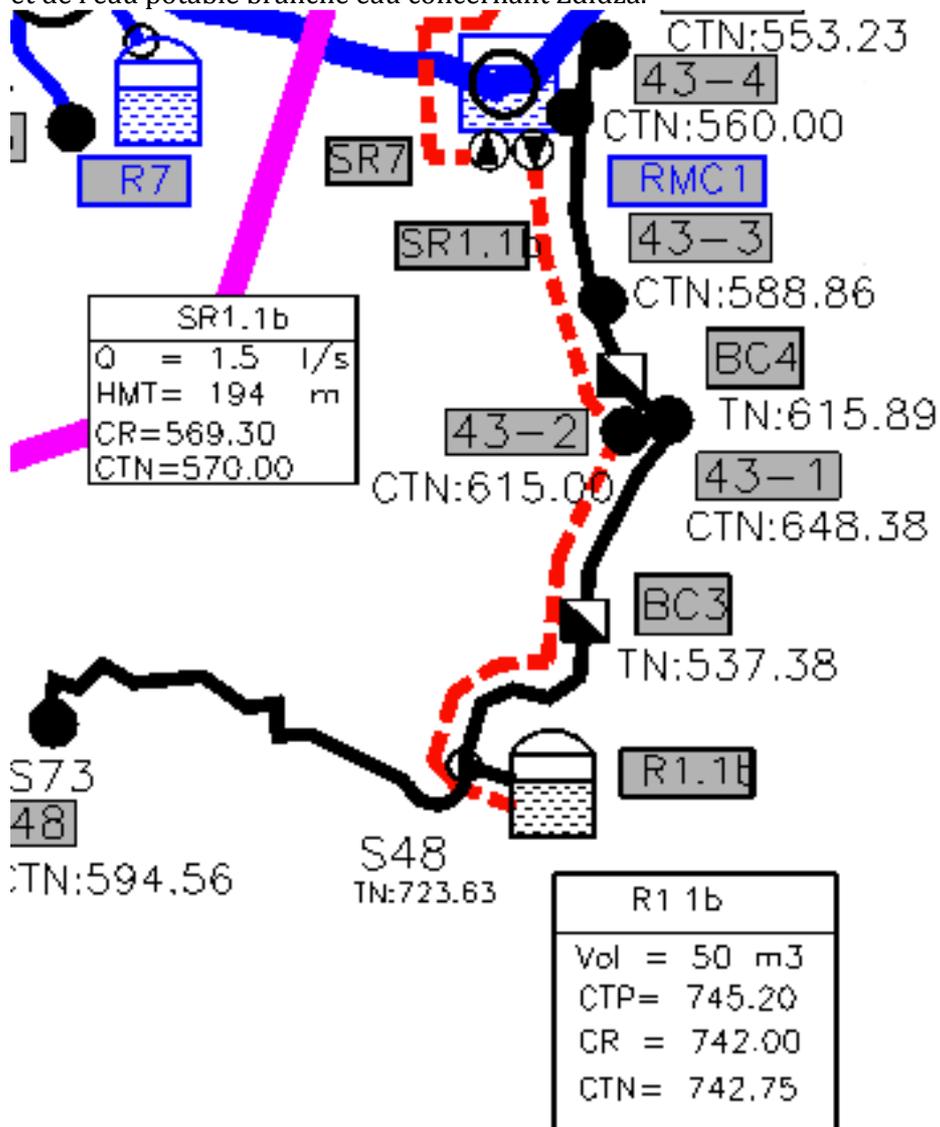


Figure 19: Système Zdidza

R1.1b est un réservoir qui a une capacité de 50m³, une autonomie de 12h.

V.6.3. Les résultats de l'étude

En fonction des données (V.6.1) l'application Excel effectuée toute l'étude et nous donne les résultats suivants :

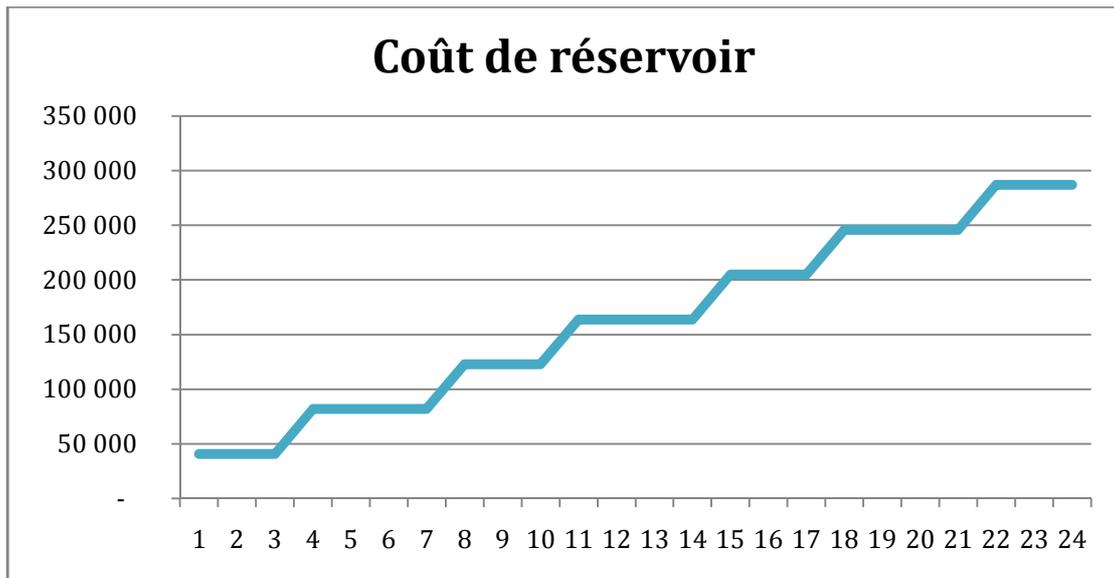


Figure 20: Coût du réservoir - Zdidza

Le coût du réservoir est croissant car sa capacité croît en fonction de l'autonomie

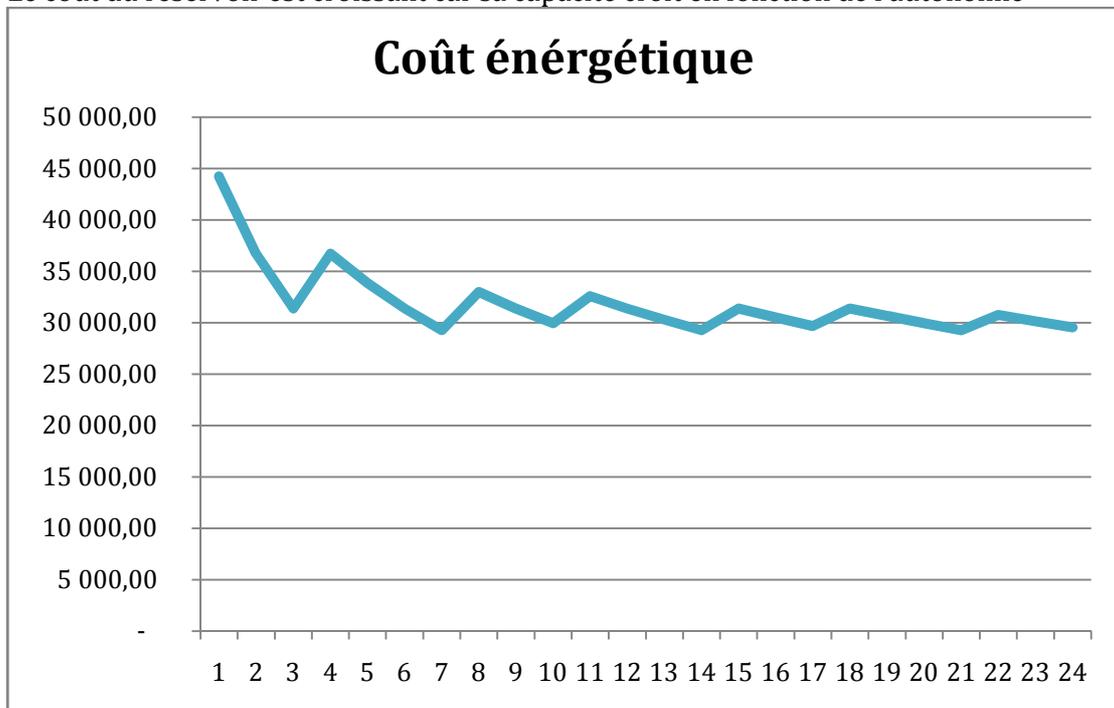


Figure 21: Coût énergétique - Zdidza

REMARQUE :

On remarque que les temps d'autonomie 7h, 14h et 21h ont un coût énergétique minimal de 29 265,41DH par an.

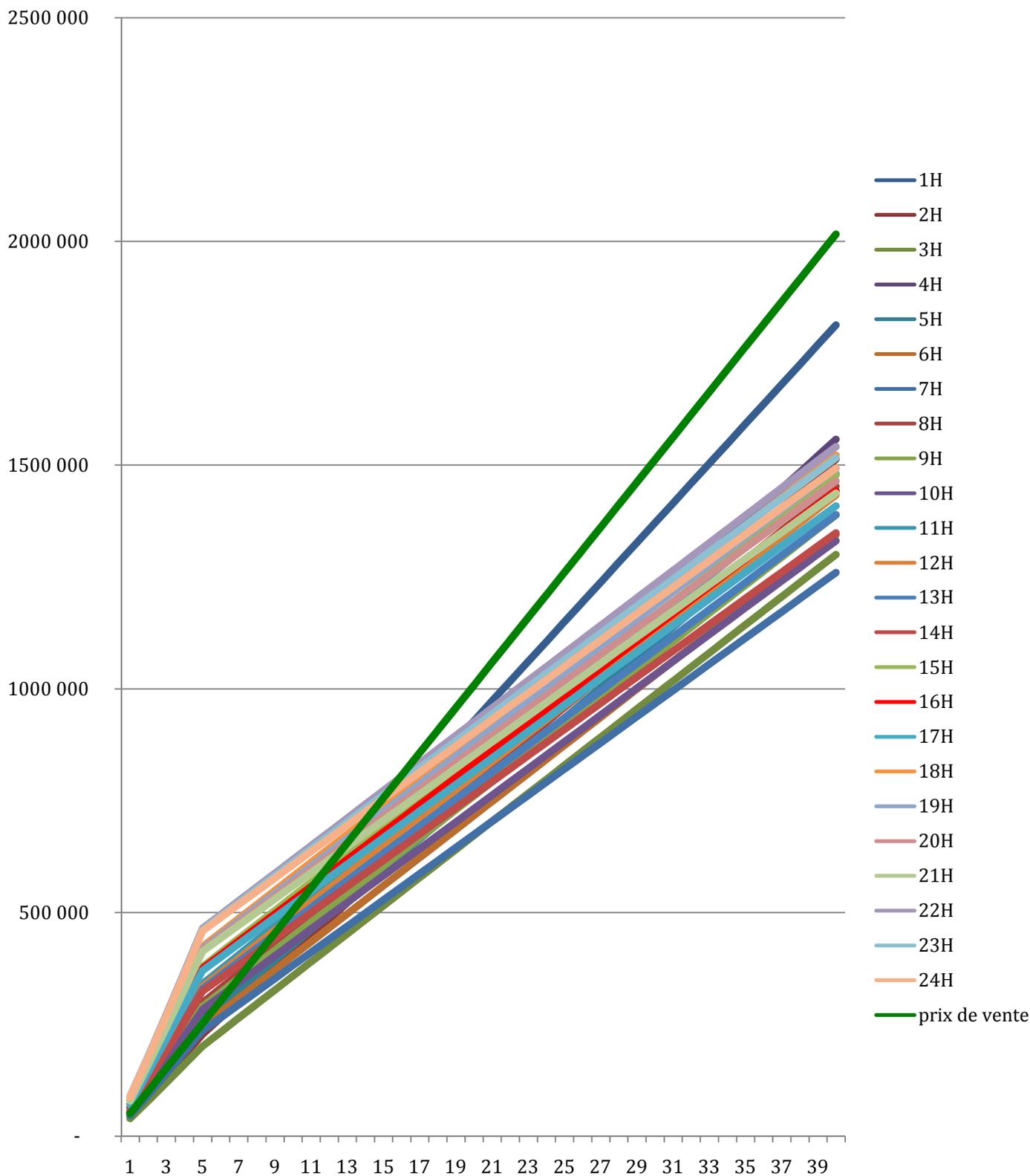


Figure 22: Charges et Bénéfices - Zdidza

La courbe verte représente le cumul du prix de vente de l'eau potable produite.

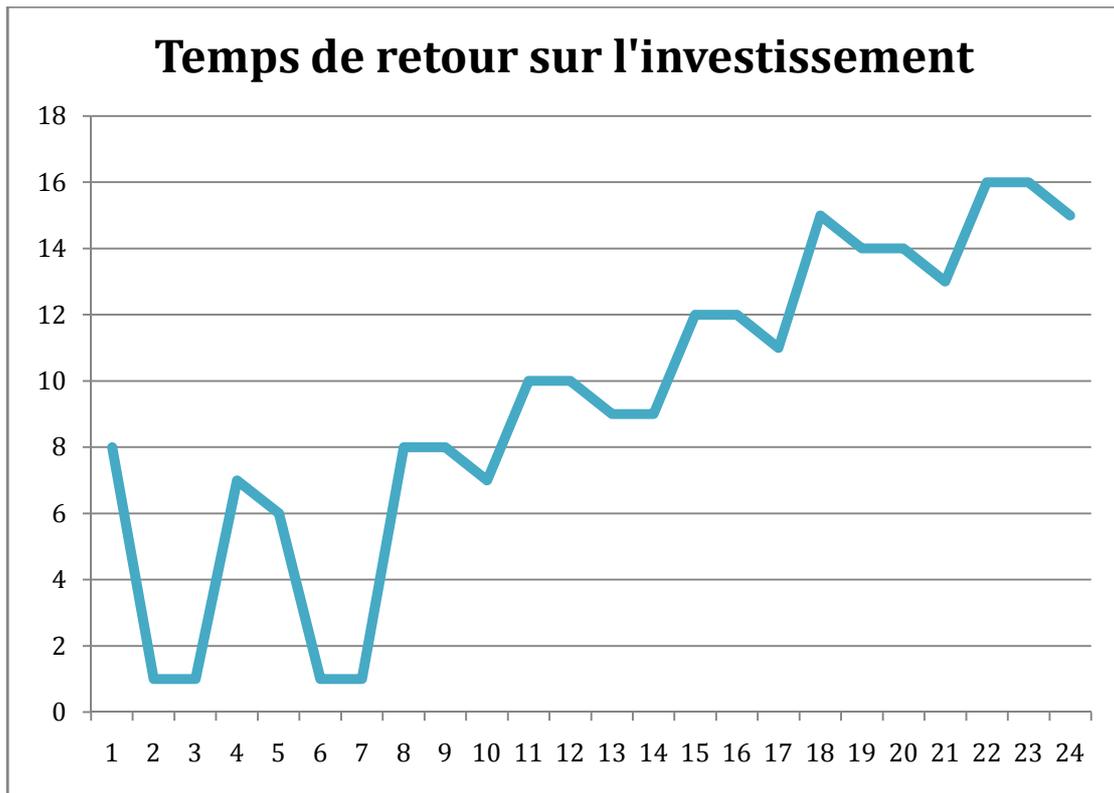


Figure 23: Temps de retour sur l'investissement - Zdidza

REMARQUE :

Le temps de retour sur investissement minimal est 1an et atteint en 2h, 3h, 6h et 7h.

V.6.4. Conclusion

Puisque le temps de retour sur investissement optimal est atteint en 2h, 3h, 6h et 7h, on prend 7h comme temps d'autonomie optimal car son coût énergétique est inférieur au autres.

V.6.5. Comparaison

La capacité du réservoir arrondie pour 7h d'autonomie est 20 m³.
L'ONEE-BE a installé un réservoir de 50 m³ avec un temps d'autonomie de 12h.

V.7. Système Dar Youssef – Tighardoussane

Ce système doit alimenter deux populations éloignées avec de l'eau potable, pour cela on le divise en deux sous-systèmes dont chacun dispose d'un réservoir.

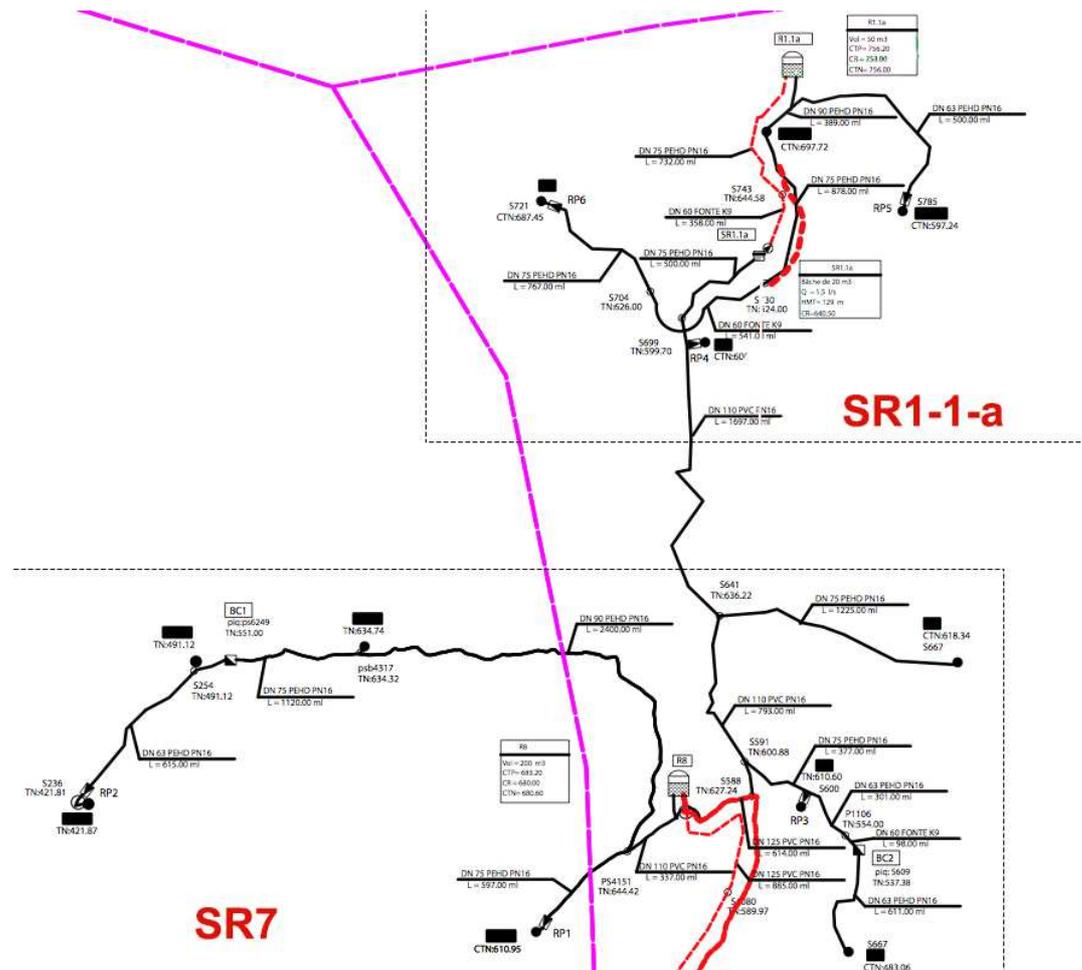


Figure 24: Système Dar Youssef

Le réservoir du sous-système SR7 assure la distribution de l'eau pour cette population ainsi que la production pour le réservoir du sous-système SR1-1-a.

V.7.1. SR1-1-a

V.7.1.1. Données de la population

- 1) Population en 2004 : 1282 Habitants.
- 2) Taux d'accroissement : 1%.
- 3) Taux de branchements : 80% en 2030.
- 4) Dotations de la population non branché : 20 l/hab/j.
- 5) Dotations de la population branché : 50 l/hab/j.
- 6) Rendements distributions : 80%.
- 7) Rendements production : 95%.
- 8) Durée d'amortissement : 5ans.
- 9) Taux d'actualisation du DH : 4%.
- 10) Hauteur manométrique totale (HMT) : 129m.
- 11) Rendements du groupe électropompes : 45%.
- 12) Coûts du kWh d'énergie : 1DH.

V.7.1.2. Étude effectuée par l'office

La capture d'écran suivante résume l'étude effectuée par l'office national de l'électricité et de l'eau potable branche eau concernant SR-1-1a.

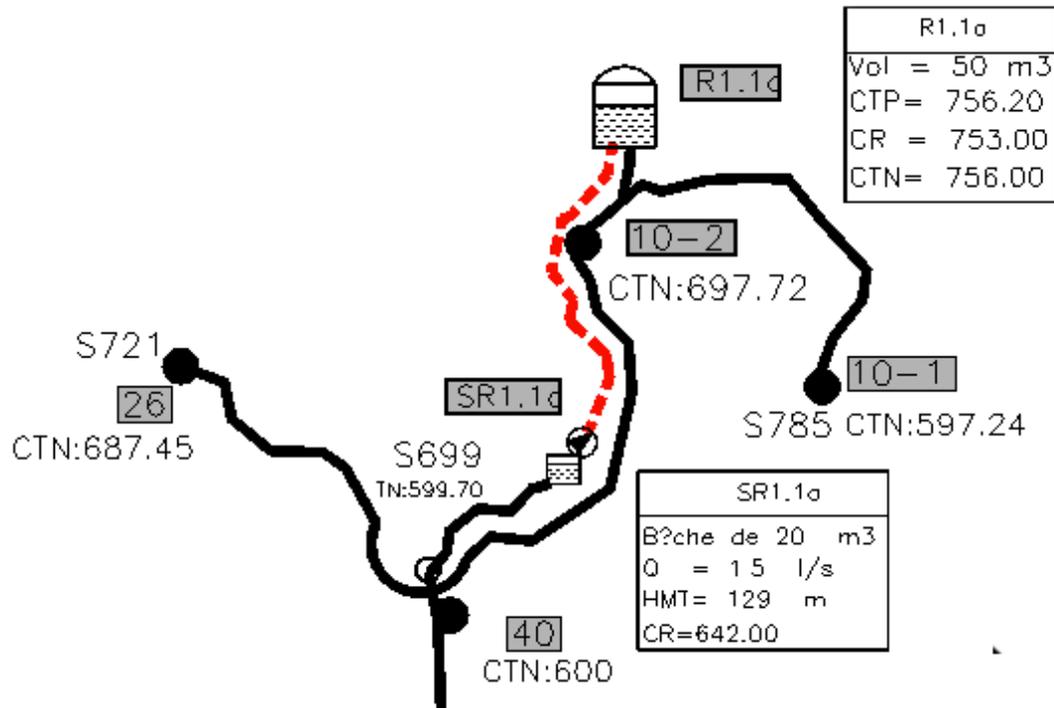


Figure 25: Sous-Système SR1-1-a

R1.1a est un réservoir qui a une capacité de 50m³, une autonomie de 12h.

V.7.1.3. Les résultats de l'étude

En fonction des données (V.7.1.1) l'application Excel effectue toute l'étude et nous donne les résultats suivants :

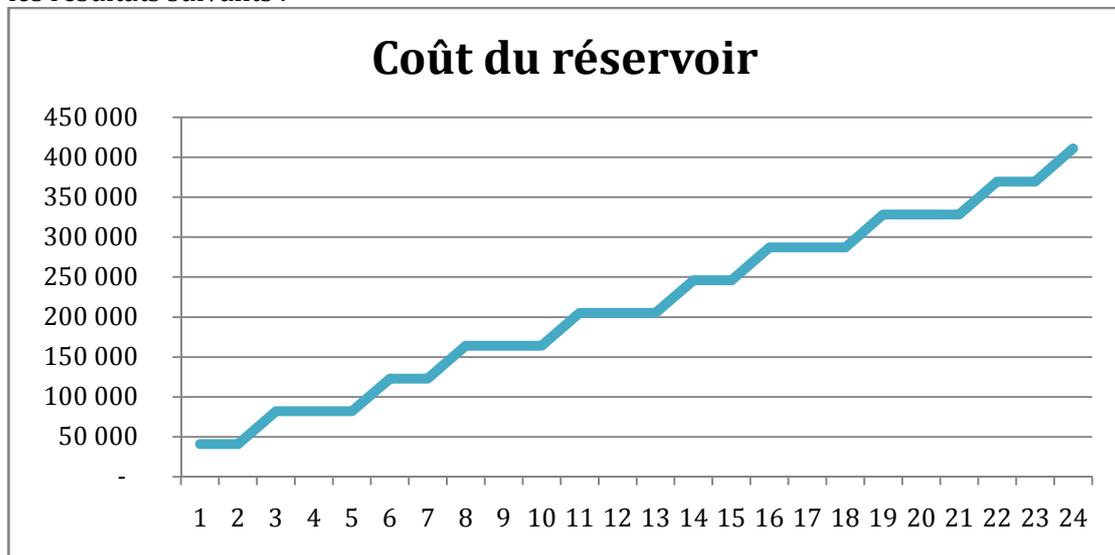


Figure 26: Coût du réservoir - SR1-1-a

Le coût du réservoir est croissant car sa capacité croît en fonction de l'autonomie

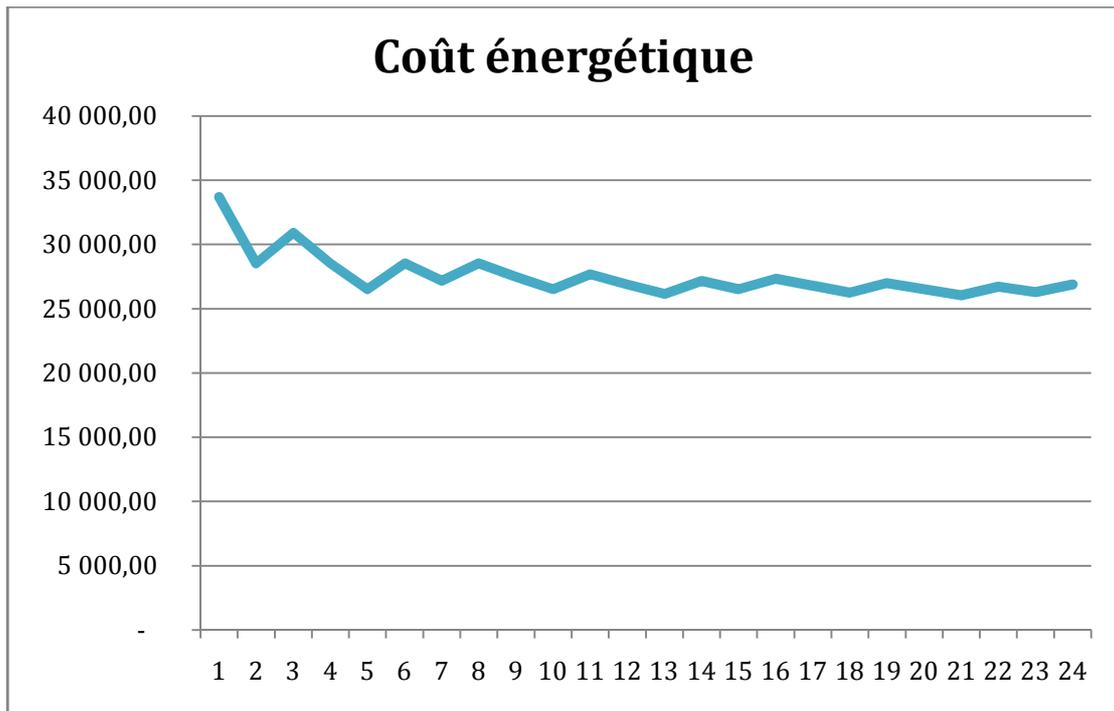


Figure 27: Coût énergétique -SR1-1-a

REMARQUE :

On remarque que le temps d'autonomie 21h a un coût énergétique minimal de 26050,57DH par an.

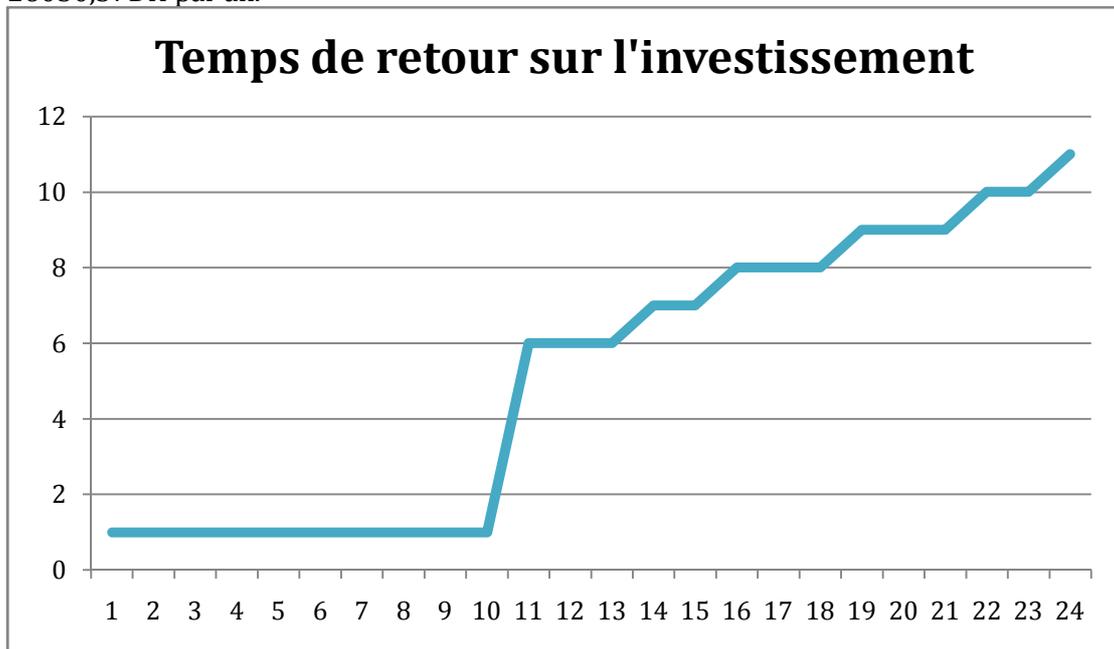


Figure 28: Temps de retour sur l'investissement -SR1-1-a

REMARQUE :

Le temps de retour sur investissement minimal est 1an et atteint entre 1h et 10h.

V.7.1.4. Conclusion

Puisque le temps de retour sur investissement optimal est atteint entre 1h et 10h, on prend 5h comme temps d'autonomie optimal car son coût énergétique est inférieur au autres.

V.7.1.5. Comparaison

La capacité du réservoir arrondie pour 5h d'autonomie est 20 m³.

L'ONEE-BE a installé un réservoir de 50 m³ avec un temps d'autonomie de 12h.

V.7.2. SR7

Comme j'ai déjà mentionné, le réservoir de ce sous-système assure la production pour le réservoir précédent ainsi que la distribution pour sa population, donc le débit qui doit sortir du réservoir est égale au débit moyen de distribution pour cette population plus le débit de pointe journalière du sous système SR1-1-a.

V.7.2.1. Données de la population

- 1) Population en 2004 : 2342 Habitants.
- 2) Taux d'accroissement : 1%.
- 3) Taux de branchements : 80% en 2030.
- 4) Dotations de la population non branché : 20 l/hab/j.
- 5) Dotations de la population branché : 50 l/hab/j.
- 6) Rendements distributions : 80%.
- 7) Rendements production : 95%.
- 8) Durée d'amortissement : 5ans.
- 9) Taux d'actualisation du DH : 4%.
- 10) Hauteur manométrique totale (HMT) : 129m.
- 11) Rendements du groupe électropompes : 45%.
- 12) Coûts du KWh d'énergie : 1DH.

V.7.2.2. Étude effectuée par l'office

La capture d'écran suivante résume l'étude effectuée par l'office national de l'électricité et de l'eau potable branche eau concernant SR7.

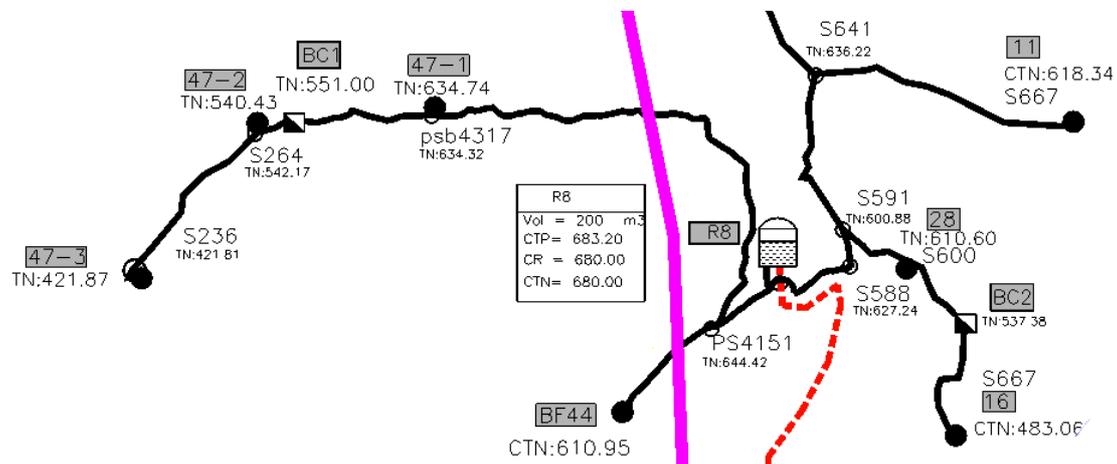


Figure 29: Sous-Système SR7

R8 est un réservoir qui a une capacité de 200m³, une autonomie de 12h.

V.7.2.3. Les résultats de l'étude

En fonction des données (V.7.2.1) l'application Excel effectuée toute l'étude et nous donne les résultats suivants :

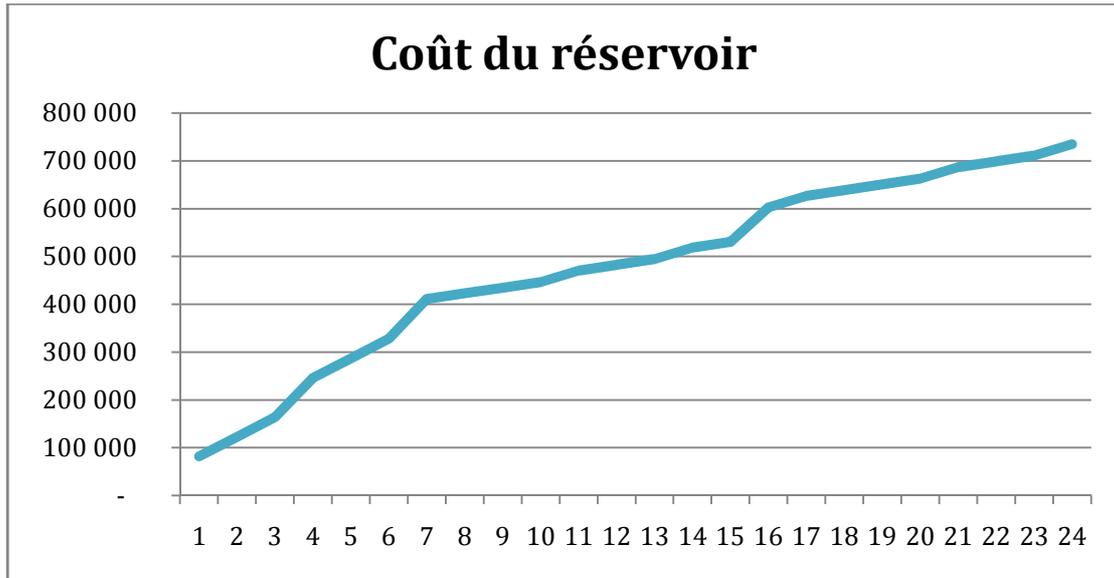


Figure 30: Coût du réservoir - SR7

Le coût du réservoir est croissant car sa capacité croit en fonction de l'autonomie

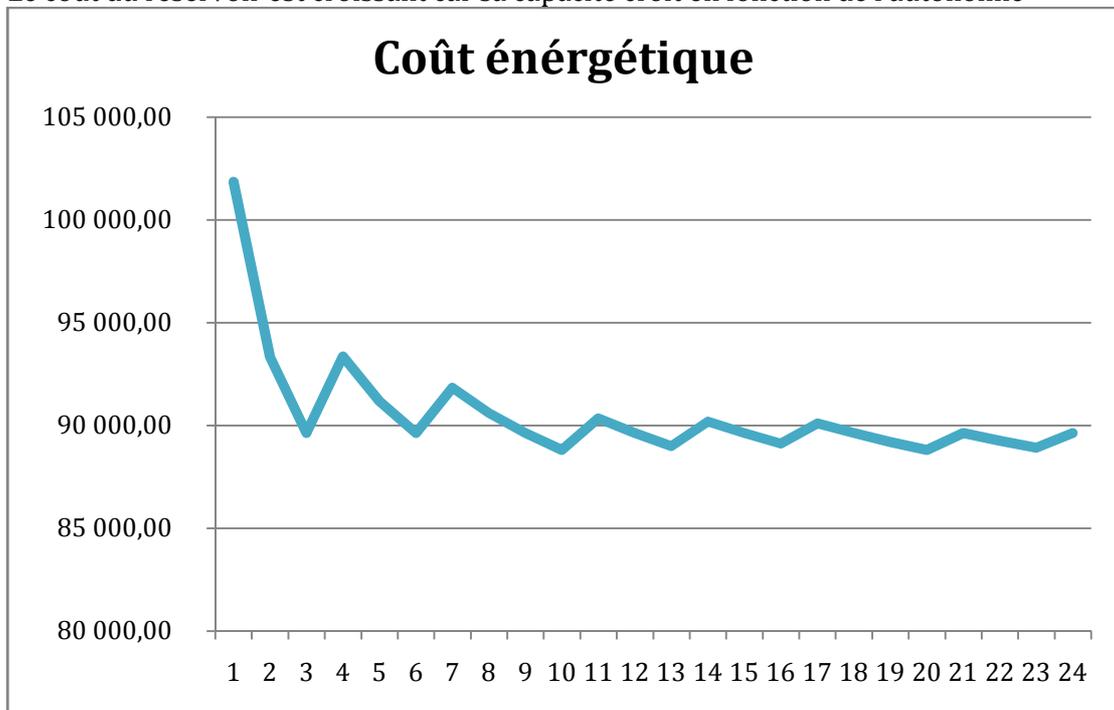


Figure 31: Coût énergétique - SR7

REMARQUE :

On remarque que le temps d'autonomie 21h a un coût énergétique minimal de 26050,57DH par an.

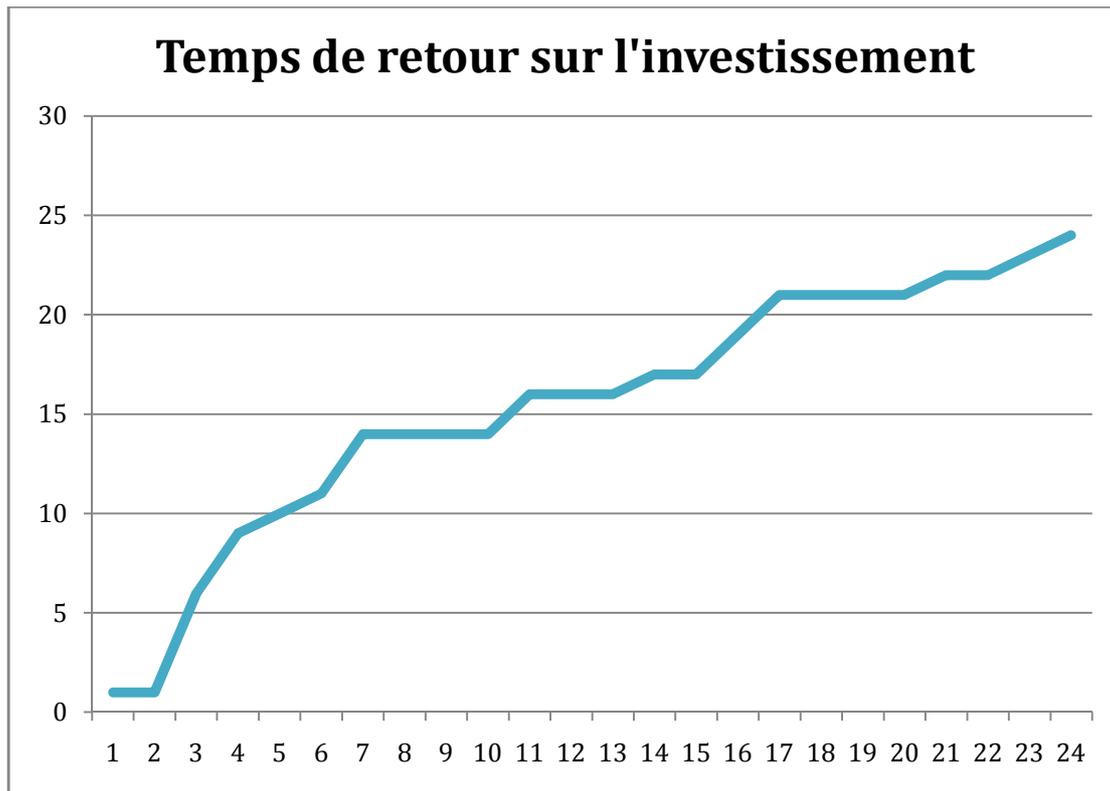


Figure 32: Temps de retour sur l'investissement – SR7

REMARQUE :

Le temps de retour sur investissement minimal est 1an et atteint en 1h et 2h.

V.7.2.4. Conclusion

On doit prendre un temps d'autonomie supérieure à celui du réservoir précédent.

Donc : $T_a > 5h$.

On prend alors 6h comme temps d'autonomie avec un temps de retour sur l'investissement de 11ans.

V.7.2.5. Comparaison

La capacité du réservoir arrondie pour 6h d'autonomie est 80 m³.

L'ONEE-BE a installé un réservoir de 200 m³ avec un temps d'autonomie de 12h.

REMARQUE :

Le temps de retour sur l'investissement final de ce projet est celui calculé à la fin car on a inclut le débit qui sert à remplir le réservoir R1-1-a.

Conclusion Générale

Ce rapport s'inscrit dans le cadre du stage que j'ai effectué au sein de l'Office National de l'électricité et de l'Eau Potable Branche eau. Durant cette période de stage, j'ai pu découvrir le monde de travail et cela grâce au contact pratique que j'ai eu à coté du personnel de cet office.

Les apports des travaux présentés dans ce mémoire sont multiples. D'un point de vue théorique, nous avons proposé une méthode consistante et générale permettant l'optimisation du temps d'autonomie du réservoir. Nous avons aussi développé une application Excel flexible pour chaque population qui permet d'étudier les temps d'autonomie du réservoir.

Pour conclure, le temps d'autonomie est très important dans les projets d'alimentation en eau potable car on peut grâce à lui minimiser les coûts d'investissements et d'exploitation donc minimiser le temps de retour sur l'investissement. Sachant que ce temps peut changer d'un lieu à un autre selon le besoin de continuité du service soumis aux habitants.