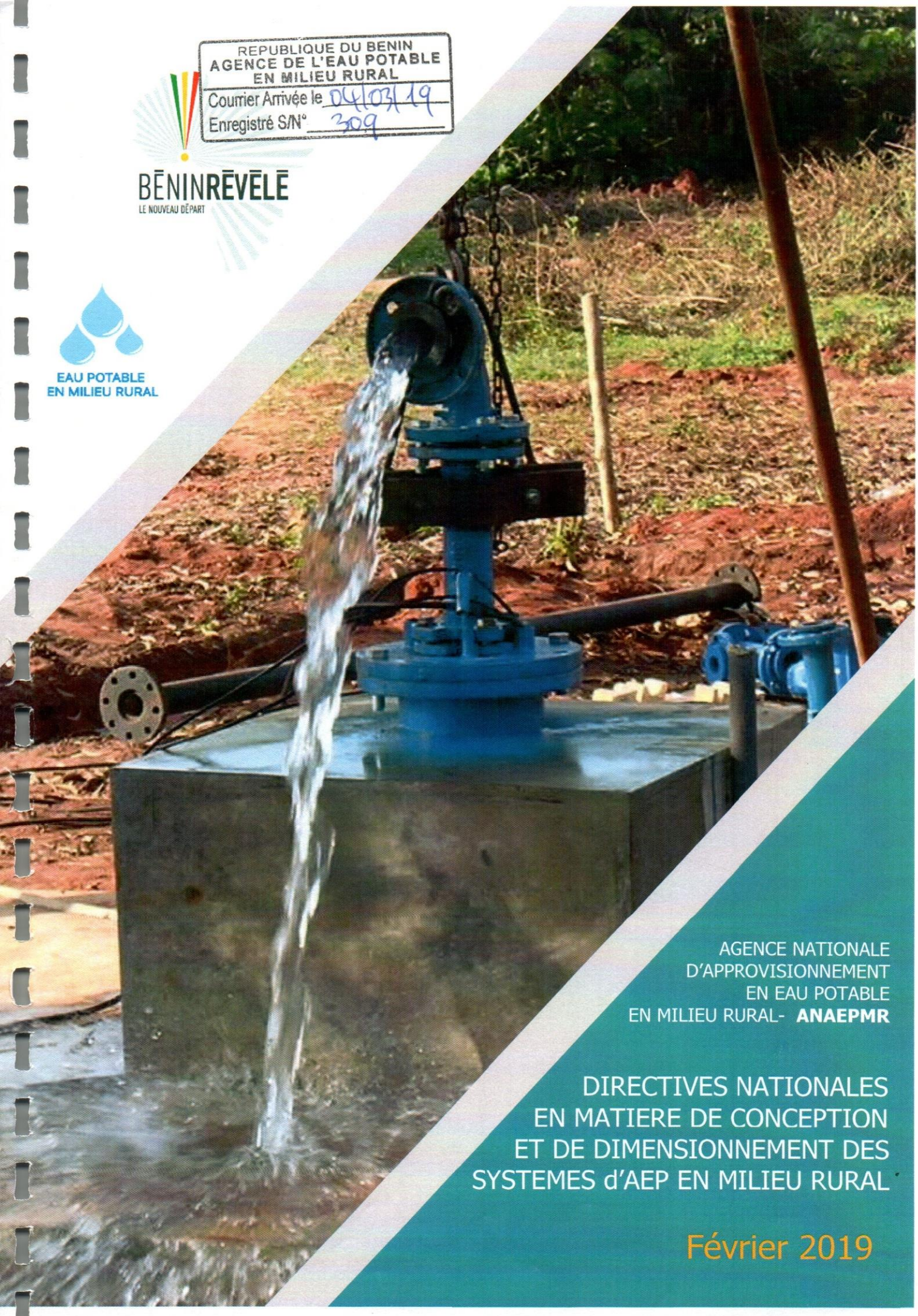
REPUBLIQUE DU BENIN
AGENCE DE L'EAU POTABLE
EN MILIEU RURAL
Courrier Arrivée le 04/03/19
Enregistré S/N° 309

BÉNINRÉVÉLÉ
LE NOUVEAU DÉPART

EAU POTABLE
EN MILIEU RURAL



AGENCE NATIONALE
D'APPROVISIONNEMENT
EN EAU POTABLE
EN MILIEU RURAL- **ANAEPMR**

DIRECTIVES NATIONALES EN MATIERE DE CONCEPTION ET DE DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES d'AEP EN MILIEU RURAL

Février 2019

Sommaire

PREAMBULE 6

1 CADRE DE DEVELOPPEMENT DES SYSTEMES D'AEP EN MILIEU RURAL 9

1.1 DEFINITION DU MILIEU RURAL POUR L'AEP 10
1.2 PRINCIPES D'INTERVENTION DU PLAN DIRECTEUR POUR L'APPROVISIONNEMENT EN EAU POTABLE EN MILIEU RURAL – PDAEP-MR 10
1.3 PRINCIPES D'INTERVENTION EN MATIERE DE MAITRISE D'ŒUVRE 10

2 ESTIMER LA DEMANDE EN EAU 12

2.1 DESCRIPTION DE LA ZONE D'INTERVENTION 13
2.2 ECHEANCES DE DIMENSIONNEMENT DES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES 13
2.3 POPULATION A DESSERVIR 14
2.4 DEMANDE EN EAU POTABLE 14

3 MOBILISER DES RESSOURCES EN EAU 16

3.1 BESOINS EN PRODUCTION D'EAU POTABLE 17
3.1 RESSOURCES EN EAU MOBILISABLES 17
3.2 UTILISATION DE RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES DEJA CAPTEES 18
3.3 ETUDES DE MOBILISATION DE NOUVELLES RESSOURCES EN EAU SOUTERRAINES 19
3.4 ETUDE DE MOBILISATION DES EAUX DE SURFACE 20

4 DIMENSIONNER LES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES 22

4.1 EQUIPEMENTS DE LA STATION DE POMPAGE 23
4.2 EQUIPEMENTS DU FORAGE ET DE LA TETE DE FORAGE 24
4.3 DIMENSIONNEMENT DES CONDUITES D'ADDUCTION ET DE REFOULEMENT 25
4.4 DIMENSIONNEMENT DE LA POMPE IMMERGEE 26
4.5 ALIMENTATION EN ENERGIE 26
4.6 DISPOSITIFS DE TRAITEMENT DE L'EAU POMPEE 28
4.7 LE STOCKAGE 30
4.8 LE RESEAU DE DISTRIBUTION 32
4.9 LES ACCESSOIRES / SINGULARITES 35
4.10 LES POINTS DE DESSERTE 36
4.11 TELE-RELEVE 36

5 CONSTRUIRE DES SYSTEMES D'AEP 38

5.1 TRAVAUX DE FORAGES 40
5.2 TRAVAUX D'AEP 40

Directives– Volume I

Estimer la demande en eau

Directive n°1 : Description de la zone d'intervention 13
Directive n°2 : Echéances de dimensionnement des infrastructures hydrauliques 14
Directive n°3 : Population à desservir 14
Directive n°4 : Demande en eau potable prise en compte 14
Directive n°5 : Demande en eau potable de pointe 15

Mobiliser des ressources en eau

Directive n°6 : Besoins en production d'eau potable 17
Directive n°7 : Débit d'équipement 17
Directive n°8 : Ressources en eau mobilisées 18
Directive n°9 : Utilisation de ressources en eau souterraines déjà captées 18
Directive n°10 : Etudes pour la mobilisation des ressources en eau souterraines 19
Directive n°11 : Diamètres de foration 19
Directive n°12 : Equipement des forages 20
Directive n°13 : Etude de mobilisation des eaux de surface 20

Dimensionner les infrastructures hydrauliques

Directive n°14: Équipements de la station de production d'eau potable 23
Directive n°15: Équipements du forage et de la tête de forage 24
Directive n°16: Dimensionnement de la colonne montante 25
Directive n°17: Dimensionnement des conduites d'adduction et de refoulement 25
Directive n°18 : Type de conduites d'adduction et de refoulement 25
Directive n°19: Protection des conduites d'adduction et refoulement 25
Directive n°20 : Dimensionnement et installation de la pompe immergée 26
Directive n°21 : Alimentation en énergie 26
Directive n°22: Etude du raccordement au réseau électrique national 27
Directive n°23: Dimensionnement du générateur thermique 27
Directive n°24: Dimensionnement du générateur photovoltaïque 27
Directive n°25: Dimensionnement du système de chloration 28
Directive n°26 : traitement de paramètres physico-chimiques 28
Directive n°27: Capacité des réservoirs 30
Directive n°28:: Bâches de reprise 30

Directive n°29 : Types et hauteurs des réservoirs	30
Directive n°30 : Equipements des réservoirs	31
Directive n°31 : Calculs de structures en béton	32
Directive n°32 : Modalités de distribution	32
Directive n°33: Dimensionnement des réseaux de distribution	32
Directive n°34: Calcul des pertes de charges	32
Directive n°35: Type de canalisations de distribution	33
Directive n°36 : Ventouses et vidanges	35
Directive n°37 : Compteurs	35
Directive n°38 : Dimensionnement des points de desserte	36
Directive n°39 : Conception et réalisation des branchements	36
Directive n°40 : Télé-relève	36

Annexes – Volume II

ANNEXE 1 – CADRE INSTITUTIONNEL SYNOPTIQUE DU SECTEUR DE L'EAU AU BENIN

ANNEXE 2 – CADRE STRATEGIQUE ET REGLEMENTAIRE

ANNEXE 3 - CONTENU TYPE DE L'ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

ANNEXE 4 - CONTENU TYPE DE L'ETUDE HYDROLOGIQUE

ANNEXE 5 – CONTENU TYPE DES ETUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE ET D'AVANT PROJET DETAILLE

ANNEXE 6 – EXEMPLE DE DIMENSIONNEMENT DE FOURNISSEUR DE POMPES « AU FIL DU SOLEIL »

ANNEXE 7 - DIMENSIONNEMENT TYPE DU STOCKAGE

ANNEXE 8 - CRITERES DE DIMENSIONNEMENT DES RESEAUX DE DISTRIBUTION ET PRESENTATION TYPE DES RESULTATS

ANNEXE 9 – TERMES DE REFERENCE POUR LE CONTROLE DES TRAVAUX DE FORAGE ET DE POMPAGES D'ESSAI

ANNEXE 10 – MODELE DE CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES POUR LA REALISATION DE FORAGES ET DE POMPAGES D'ESSAI

ANNEXE 11 – CONTENU TYPE DU RAPPORT DE CONTROLE DE FORAGE

ANNEXE 12 – DELIMITATION DES PERIMETRES DE PROTECTION

ANNEXE 13 - TERMES DE REFERENCE POUR LE CONTROLE DES TRAVAUX D'AEP

ANNEXE 14 - CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES TYPE POUR LA REALISATION DE TRAVAUX D'AEP

ANNEXE 15 - CAHIER DES PRESCRIPTIONS TECHNIQUES TYPE POUR LA FOURNITURE ET L'INSTALLATION DE STATIONS DE POMPAGE SOLAIRES ET HYBRIDES

ANNEXE 16 – CPT TYPE POUR LA FOURNITURE DE MATERIELS DE BRANCHEMENTS ET DE COMPTEURS D'EAU (POUR MEMOIRE)

ANNEXE 17 – CADRE DU BORDEREAU DES PRIX POUR LES TRAVAUX D'AEP

ANNEXE 18 – MEMOIRE DESCRIPTIF TYPE

ANNEXE 19 –PLANS ET SCHEMAS TYPE

ANNEXE 20 – PROCES-VERBAUX DE SUIVI ET RECEPTION DE TRAVAUX

ANNEXE 21 – NORMES DE QUALITE DE L'EAU POTABLE

Sigles – abréviations

AEP	Alimentation ou Approvisionnement ou Adduction en Eau Potable
AEV	Adduction d'Eau Villageoise
AG	Acier Galvanisé
ANAEPMR	Agence Nationale d'Approvisionnement en Eau Potable en Milieu Rural
APD	Avant-Projet Détaillé
APS	Avant-Projet Sommaire
BDI	Base de Donnés Intégrée
BF	Borne Fontaine
BP	Branchement Particulier
CPT	Cahier des Prescriptions Techniques
DGEau	Direction Générale de l'Eau
DQE	Devis Quantitatif Estimatif
FCFA	Franc CFA
FPM	Forage équipé de Pompe à Motricité humaine
HMT	Hauteur Manométrique Totale
MFT	Marteau Fonds de Trou
MO	Maître d'ouvrage
MOE	Maître d'œuvre
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
ONG	Organisation non gouvernementale
PAG	Plan d'Action du Gouvernement
PDAEP-MR	Plan directeur national d'AEP en milieu rural
PEA	Poste d'Eau Autonome
PEHD	Poly-Ethylène Haute Densité
PTF	Partenaires Techniques et Financiers
SAEP-MV	Système d'Approvisionnement en Eau Potable Multi-Villages
SNAEP-MR	Stratégie Nationale d'AEP en milieu rural
SONEB	Société Nationale des Eaux du Bénin
TdR	Termes de Référence

PREAMBULE

Pourquoi ces Directives ?

Le présent document a été élaboré sur le constat de l'absence de directives en matière de conception et de dimensionnement des systèmes d'AEP en milieu rural, nécessaires pour pérenniser les investissements dans le sous-secteur.

Elles appuient la mise en œuvre du Plan directeur national d'AEP en milieu rural (PDAEP-MR) élaboré en 2017, pilotée par l'Agence Nationale d'Approvisionnement en Eau Potable en Milieu Rural – ANAEPMR, pour atteindre les objectifs de taux de desserte fixés dans la Stratégie Nationale SNAEP-MR pour 2030.

Les directives concernent spécifiquement les Systèmes d'Alimentation en Eau Potable multi-villages – SAEP-MV dans la mesure où le Plan Directeur privilégie le regroupement d'un maximum de villages ruraux autour d'un nombre limité de points de captage et de réservoirs pour un accès à un service amélioré.

4 200 villages, dont 65% en dessous de 2 000 habitants, regroupant 27 000 localités et plus de 8 500 000 habitants en 2016 devraient à terme être alimentés en eau potable par environ 652 systèmes SAEP-MV.

Les Directives visent à appuyer les institutions et opérateurs sectoriels concernées :

- à harmoniser les approches des nombreux intervenants dans le sous-secteur de l'hydraulique rurale et semi-urbaine dans le pays,
- à promouvoir la qualité des services, des fournitures et des travaux,
- à informer les intervenants des conditions d'intervention dans le sous-secteur,
- à optimiser le travail de la maîtrise d'ouvrage en standardisant les équipements et les modalités d'intervention.

Une Directive définit des règles fixant les conditions de la réalisation d'opérations dont on veut unifier l'emploi.

Les Directives sont par principe d'utilisation volontaire. Elles deviennent d'application obligatoire dès qu'un texte réglementaire en fait référence comme moyen unique de satisfaire aux exigences du texte.

Les Directives sont choisies pour répondre à la majorité des cas rencontrés sur le terrain. Les intervenants doivent justifier clairement et rigoureusement auprès du Maître d'ouvrage toute proposition d'ajustement d'une Directive en raison de conditions particulières rencontrées sur le terrain. Le Maître d'ouvrage doit valider ces propositions avant le lancement des opérations.

Certaines des présentes Directives reprennent ou renvoient à des prescriptions techniques classiques conformes aux règles de l'art. Dans ce cas, le maître d'ouvrage a souhaité les mettre en avant pour en souligner le caractère contraignant.

Les Directives doivent être mises à jour en fonction de l'évolution des techniques, des pratiques, des usages et des règlementations pour permettre d'optimiser les interventions dans le futur.

Tableau 1 : Répartition des villages ruraux par taille de population en 2016

Classe de population 2016	Moins de 501	De 501 à 1000	De 1001 à 2000	De 2001 à 5000	Plus de 5000
Nombre de villages	479	857	1 425	1 204	253
%	*11%*	*20%*	*34%*	*29%*	*6%*
	65%			**35%**	

- Doc de Référence ayant permis d'avancer le nbre de village (Source)

A qui s'adressent ces Directives?

Les Directives sont mises à disposition de tous les opérateurs sectoriels :

- les structures représentant la maîtrise d'ouvrage de l'État pour la mise en œuvre de l'amélioration de l'accès à l'eau potable dans le milieu rural,
- les services compétents des Communes, qui assurent le suivi de la réalisation et la gestion d'équipements hydrauliques sur leur territoire,
- Les maîtres d'œuvre pour les études et le contrôle des travaux,
- les entreprises en charge des travaux d'AEP,
- les ONG nationales et internationales oeuvrant dans le secteur,
- les gestionnaires des systèmes d'AEP,
- les partenaires techniques et financiers (PTF), dans le cadre de la coopération bilatérale, multilatérale ou décentralisée.

Que contiennent-elles ?

Comme leur titre l'indique, les présentes Directives détaillent les différentes étapes de la conception et du dimensionnement des systèmes d'AEP en trois volets :

- Estimer la demande en eau
- Mobiliser des ressources en eau
- Dimensionner les infrastructures hydrauliques

Par extension, en référence aux activités globales de maîtrise d'œuvre, le document aborde succintement les enjeux généraux liés au contrôle des travaux dans un dernier volet.

Le document comprend deux volumes, le présent volume I concernant les Directives et leurs justifications, et un volume II regroupant des documents techniques et d'illustration des Directives et des méthodes d'intervention, ainsi que des Termes de Références, des Cahiers des Prescriptions Techniques et les plans types des principaux ouvrages hydrauliques.

Le volume II renvoie également au schéma institutionnel et au contexte stratégique et règlementaire présentés en **annexes 1 et 2**.

Tableau 2 : Les différents volets abordés

Volet	Thème
1	CADRE DE DEVELOPPEMENT DES SYSTEMES D'AEP EN MILIEU RURAL
2	ESTIMER LA DEMANDE EN EAU
3	MOBILISER DES RESSOURCES EN EAU
4	DIMENSIONNER DES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES
5	CONTROLER DES TRAVAUX

1 CADRE DE DEVELOPPEMENT DES SYSTEMES D'AEP EN MILIEU RURAL

1.1 Définition du milieu rural pour l'AEP

Le milieu rural intègre tous les villages situés en dehors des périmètres gérés par l'opérateur urbain du service de l'eau. Il concerne toutes les communes du pays, à l'exception de Cotonou, Parakou et Porto-Novo qui sont où seront 100% urbaines à l'échéance de la Stratégie sectorielle en 2030.

A noter qu'environ 400 villages se situent en périphérie des zones urbaines, représentant en 2016 près de 1 100 000 personnes alimentées en eau potable actuellement, ou potentiellement après la mise en œuvre du Plan, par l'opérateur urbain.

Chap 4.1.41 - SNAEP horizon 2030 - définition du mlieu rural : toute localité en dehors des périmètres couverts par le système d'hydraulique urbain est considérée comme cible de l'hydraulique rurale.

1.2 Principes d'intervention du Plan Directeur pour l'Approvisionnement en eau potable en milieu rural – PDAEP-MR

Les principes d'intervention du PDAEP-MR sont établis sur la base des orientations stratégiques de la Stratégie Nationale pour l'AEP en milieu rural pour 2030 (SNAEP-MR) et traduisent les objectifs du Plan d'Action du Gouvernement (PAG) pour 2021 comme suit :

- En 2021, l'ensemble de la population rurale au Bénin a accès à une source d'eau améliorée (taux de desserte de 100%) ;
- En 2021, la moitié de la population rurale desservie par une AEV a accès à un branchement particulier à domicile (BP).
- En 2030, toute la population rurale desservie par une AEV a accès à un BP à domicile.

Ces principes s'appliquent au développement des SAEP multi-villages prévu par le Plan Directeur. Ils sont déclinés en plusieurs niveaux d'intervention, en fonction de la proximité des réseaux gérés par l'opérateur urbain.

- **Villages desservis ou à desservir en gros par l'opérateur urbain** - Les investissements du Plan concernent l'extension ou la réalisation des réseaux de distribution et la pose de BP sur l'ensemble des localités desservies. L'opérateur urbain mobilise les ressources en eau potable et assure le débit et la pression nécessaire en tout points de desserte. L'opérateur urbain facture en gros l'eau traitée à l'exploitant qui gère le service de l'eau.
- **Extension des AEV existantes vers des SAEP-MV et nouveaux SAEP-MV** - Les investissements du Plan concernent la mobilisation des ressources en eau supplémentaires, l'exhaure, le stockage et le traitement des eaux pompées, la pose des réseaux de distribution et la pose de BP pour l'ensemble des localités du système. L'exploitant gère la production et la distribution de l'eau potable.
- **PEA ou mini-SAEP** pour les zones isolées de moins de 2 000 habitants.

1.3 Principes d'intervention en matière de maîtrise d'œuvre

Les activités de conception et de dimensionnement présentées dans les présentes Directives font référence aux activités classiques du maître d'œuvre, qui comprennent notamment :

- les études d'avant-projet sommaire ou APS ;
- les études d'avant-projet détaillé ou APD ;

- l'élaboration des Cahiers des Prescriptions Techniques (CPT) des contrats de travaux
- le suivi et contrôle des travaux
- l'assistance apportée au maître de l'ouvrage lors des opérations de réception.

La conception et le dimensionnement se rapportent spécifiquement aux études d'APS et d'APD.

Les études d'APS doivent permettre au maître d'ouvrage de disposer des éléments socio-économiques, techniques et financiers pour valider l'opération. Elles intègrent les enquêtes et l'accompagnement social pour la mobilisation des populations, et l'analyse de l'existant pour estimer la demande en eau. Elles comprennent également les éléments de base pour la mobilisation des ressources en eau et de dimensionnement des infrastructures hydrauliques.

Les études d'APD intègrent les données des travaux de mobilisation des ressources en eau pour le dimensionnement détaillé de l'ensemble des infrastructures hydrauliques pour permettre le lancement des opérations de passation des contrats de travaux et une estimation fine du coût des travaux. La phase de terrain des études d'APD comprend les implantations des infrastructures du système d'AEP en concertation avec la population et les études topographiques pour l'adduction et la distribution.

2 ESTIMER LA DEMANDE EN EAU

Pour estimer la demande en eau potable, il est nécessaire de définir :

- la zone d'intervention et ses caractéristiques socio-économiques
- les échéances pour lesquelles on dimensionne les infrastructures, à savoir l'horizon des investissements ;
- la population à desservir pour les échéances retenues ;
- les usages de l'eau pris en compte et les quantités d'eau nécessaires pour satisfaire les usagers.

2.1 Description de la zone d'intervention

Directive n°1 : Description de la zone d'intervention

Les données nécessaires à collecter liées à l'estimation de la demande en eau concerne ;

- La délimitation de la zone d'intervention au niveau national, du département, de la commune, et du ou des arrondissements concernés
- La liste exhaustive des villages et localités concernés, matérialisée par une carte, et leurs coordonnées GPS ;
- Le contexte physique (relief, climat), environnemental, démographique et social ;
- les conditions d'accessibilité, l'état des voies d'accès et de la voirie locale ;
- Les principales infrastructures publiques et économiques ;
- Les principales infrastructures hydrauliques existantes et leur fonctionnalité.

2.2 Echéances de dimensionnement des infrastructures hydrauliques

L'échéance de dimensionnement des principales composantes des systèmes d'AEP varie en fonction de leur durée de vie. Il ne sert à rien de dimensionner pour 20 ans un équipement qui doit être changé en moyenne tous les 10 ans.

La durée de vie de référence des principales infrastructures d'AEP est résumée dans le tableau ci-après.

Type d'équipement AEP	Durée de vie de référence
Ouvrages de génie civil	> 20 ans
Réseaux d'adduction / refoulement et distribution	> 20 ans
Panneaux solaires	20 ans
Accessoires	10 ans
Pompe immergée	7 à 10 ans
Groupe électrogène	5 ans

Directive n°2 : Echéances de dimensionnement des infrastructures hydrauliques

Les échéances de dimensionnement sont les suivantes par rapport à l'année A0 prévisionnelle de démarrage du service de l'eau :

- Pour les ouvrages de génie civil, à savoir les stations de traitement, les réservoirs, les bâtiments d'exploitation et les points de desserte publics : **A0+20 ;**
- Pour les canalisations d'adduction (entre le ou les captages et la station de pompage) et de refoulement (entre la station de pompage ou la bâche d'eau traitée et le réservoir) : **A0+20 ;**
- Pour les réseaux de distribution : **A0+20 ;**
- Pour les équipements d'exhaure, à savoir la pompe immergée et le générateur, l'échéance est la production attendue l'année **A0+10**, répartie le cas échéant entre plusieurs équipements d'exhaure par système d'AEP.

2.3 Population à desservir

Directive n°3 : Population à desservir

La population pour l'année A0 est évaluée à partir des données du dernier recensement, par application du taux de croissance démographique annuel moyen à l'échelle du pays, calculé à partir du taux intercensitaire le plus récent publié par l'INSAE. Le même taux de croissance est appliqué pour les échéances A0+10 et A0+20.

Le taux de croissance annuel en 2019 est de 3,52 % pour le Bénin.

Au besoin, un dénombrement est réalisé sur le terrain afin de préciser la population de l'année A0.

2.4 Demande en eau potable

Directive n°4 : Demande en eau potable prise en compte

Les usages de l'eau pris en compte comprennent :

- La consommation domestique pour la boisson, la cuisine, l'hygiène, le ménage (lessive et vaisselle) ;
- la consommation non domestique de service public « publique » : établissements de santé, d'éducation, marchés et autres lieux publics (mairie, commissariat…)
- Les consommations non domestiques liées au commerce, à l'artisanat et l'élevage,
- Les consommations non domestiques liées à la petite industrie.

Directive n°5 : Demande en eau potable de pointe

Les données permettant le calcul de la demande journalière moyenne et de pointe pour les échéances de dimensionnement sont reportés dans le tableau suivant. La demande en eau potable journalière de pointe est calculée par application des coefficients de pointe suivants :

- un coefficient de pointe saisonnière de 1,7 correspondant au rapport entre la consommation mensuelle la plus élevée de l'année sur la consommation moyenne mensuelle annuelle.
- un coefficient de pointe journalière de 1,1 correspondant au rapport entre la consommation du jour de pointe du mois de consommation le plus élevé sur la moyenne journalière de ce mois.

La demande totale journalière de pointe pour chaque échéance est la somme des consommations de pointe.

Critère		Unité	Echéance de dimensionnement		
			A0	A0 + 10	A0 +20
Taux de desserte	Global	%	100%	100%	100%
	Par BP		50%	80%	100%
	Par BF		50%	20%	0%
Consommation domestique spécifique moyenne	Par BP	l/j/hab	10	12	15
	Par BF		8	10	12
Coefficients de pointe	Saisonnier	Sans	1,7	1,7	1,7
	Journalier		1,1	1,1	1,1
Consommation non domestique	Publique	% de la conso. domest. de pointe	10%	10%	10%
	Artisanat / élevage	m3/j	Défini après enquête		
	Petite industrie	m3/j	Défini après enquête (limite = 20% de la conso. domest.)		

La consommation spécifique moyenne journalière peut être comparée :

- à la consommation moyenne de 6 l/j/hab. relevée entre 2001 et 2007 dans 40 localités rurales béninoises dans le cadre enquête réalisée par Université d'Abomey Calavi
- aux consommations spécifiques solvables de l'ordre de 6 à 12 l/j/hab observées par la SONEB entre 2012 et 2017 pour les localités rurales de classe IV (mobilisant moins de 50 000 m3/an) raccordées au réseau urbain, pour une cible de 10 l/j/hab en 2010 par la SONEB.
- A la consommation moyenne de l'ordre de 6,3 l/j/hab estimée lors de l'enquête 2013 réalisée en 2013 par la DGEau sur les systèmes d'AEP affermés dans le pays.

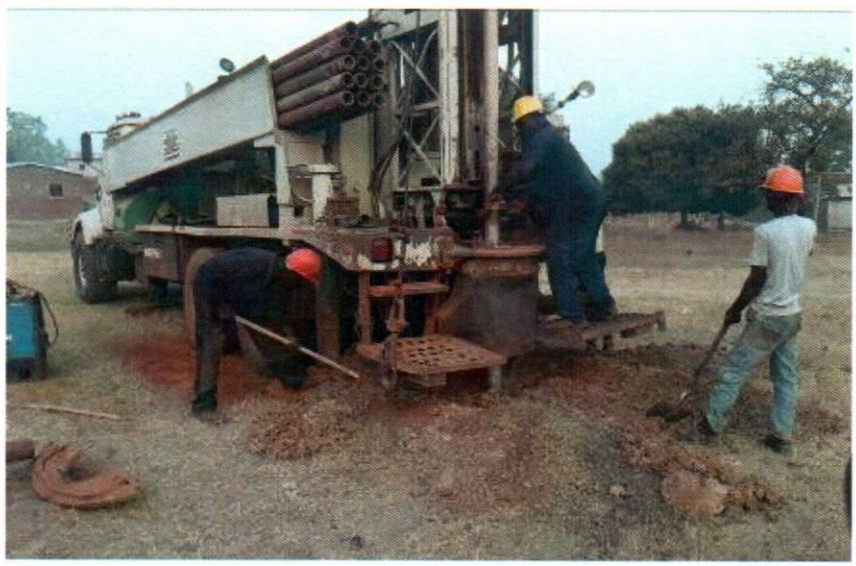
Ces consommations spécifiques sont comparables dans plusieurs pays de la sous-région.

A noter enfin que l'application des coefficients de pointe à la consommation spécifique moyenne pour les BP et BF permet d'atteindre une consommation spécifique domestique de pointe globale de 17 l/j/hab pour l'année A0, 22 l pour l'échéance A0+10 et 28 l pour A0+20.

Ces valeurs permettent de respecter les objectifs de 20 l/j/hab prévus dans la SNAEP 2030.

Chapitre 4.1.4 1- SNAEP 2030 - Consommation spécifique de l'eau : Au niveau des localités disposant d'une AEV, la consommation spécifique de l'eau est de l'ordre de 20 l/j/hab.

3 MOBILISER DES RESSOURCES EN EAU



La mobilisation des ressources en eau nécessite de connaître :

- Les besoins en production établis sur la base de la demande en eau ;
- Le type et la quantité de ressources en eau disponibles dans la zone d'intervention.

3.1 Besoins en production d'eau potable

Directive n°6 : Besoins en production d'eau potable

Les besoins en production d'eau potable journalière pour chaque échéance correspondent à la demande de pointe augmentée d'un pourcentage représentant les pertes physiques sur les réseaux d'adduction, de refoulement et de distribution et les pertes dues au traitement de l'eau brute.

Les rendements techniques (volumes facturés sur volumes produits) doivent rester supérieur ou égal à 85% en l'absence de process de traitement des eaux brutes et à 80% en cas de process de traitement.

Directive n°7 : Débit d'équipement

Les besoins en production d'eau potable journalière pour les forages sont rapportés au débit d'équipement horaire à savoir :

- Pour le pompage thermique ou sur le réseau public : 16 heures en zone de socle et 20h en zone sédimentaire.
- Pour le pompage solaire photovoltaïque : 6 heures

3.1 Ressources en eau mobilisables

Eaux souterraines

En 2016, on recense 17 820 ouvrages de captage des eaux souterraines, couvrant l'essentiel du milieu rural desservi.

La mise en œuvre du Plan Directeur d'AEP en milieu rural va nécessiter d'accroitre significativement la mobilisation des eaux souterraines, pour un coût estimé dans le PDAEP-MV à près de un quart des investissements totaux.

Le contexte pour les eaux souterraines est contrasté entre le nord et le sud du pays : 40 communes sur 76 des départements du sud du pays se situent à l'aplomb d'aquifères sédimentaires continus constitués de sables plus ou moins calcaires sans contraintes majeures de mobilisation des ressources en eau. Les eaux sont généralement de bonne qualité, à l'exception du biseau « salé » situé en bordure de la côte. Les débits exploitables dépassent en général 15 m3/h, à l'exception, en général, du biseau « sec » en limite nord de l'aquifère continu traversant les départements de Couffo, Zou et Plateau.

A contrario, 31 communes rurales principalement dans le nord du pays sont situées dans un contexte hydrogéologique difficile, à l'aplomb de formations de socle ancien constituées de granites, gneiss, quartzites, schistes, silts et argiles présentant d'importantes variations de productivité dépendant du degré de fissuration des roches.

Dans ce contexte, l'implantation des forages nécessite des investigations géophysiques et de se rapprocher du réseau hydrographique pour espérer des débits d'exploitation supérieurs à 5 m3/h.

Eaux de surface

L'utilisation des eaux de surface concerne actuellement principalement les infrastructures d'AEP urbaines par barrages à Parakou (Borgou), Djougou (Alibori), Natitingou (Atacora), Savalou et Savé (Collines).

Directive n°8 : Ressources en eau mobilisées

Les ressources cible à mobiliser correspondent à l'échéance A0+20.

Pour les SAEP-MV susceptibles d'être raccordés à l'opérateur urbain, les ressources en eau mobilisées sont prioritairement celles de l'opérateur urbain.

Pour les SAEP-MV non raccordables à l'opérateur urbain, les ressources en eau à mobiliser en priorité sont les ressources en eaux souterraines. En l'absence d'eaux souterraines en quantité suffisante et de bonne qualité, le captage d'eaux de surface est étudié.

Dans les zones d'intervention où le contexte hydrogéologique est particulièrement défavorable, une étude comparative technico-économique des options « eaux souterraines » et « eaux de surface » est réalisée avant lancement d'une campagne de forage reconnaissance.

Les critères de recherche de zones favorables doivent intégrer la proximité du réseau électrique conventionnel.

3.2 Utilisation de ressources en eau souterraines déjà captées

Directive n°9 : Utilisation de ressources en eau souterraines déjà captées

L'identification et le diagnostic technique des forages existants disponibles de débit exploitable supérieur à 15 m3/h en zone sédimentaire et supérieur à 5m3/h dans les zones de socle susceptibles d'alimenter un système AEP est prioritaire à la réalisation de nouveaux ouvrages si les besoins pour l'année A0+20 sont satisfaits.

Le diagnostic technique comprend :

- la collecte des données de forages et des analyses d'eau ;
- un démontage des moyens d'exhaure ;
- si nécessaire, une inspection caméra ;
- un pompage d'essai ;
- un prélèvement pour analyse.

3.3 Etudes de mobilisation de nouvelles ressources en eau souterraines

Directive n°10 : Etudes pour la mobilisation des ressources en eau souterraines

L'étude hydrogéologique vise, sur la base des données bibliographiques et cartes collectées pour la zone d'intervention :

- à évaluer le potentiel du ou des aquifères ;
- à prévoir le nombre estimatif et les caractéristiques (profondeur, équipement, débit d'exploitation attendus) des forages d'exploitation à réaliser ;
- à prévoir et implanter le nombre de forages de reconnaissance à réaliser, à partir des taux de succès moyens rencontrés par type d'aquifère ;
- à décrire les modalités de réalisation des ouvrages de reconnaissance et d'exploitation.

Le type d'investigations géophysiques et les modalités de mise en œuvre doivent être justifiés par l'étude hydrogéologique.

Le sommaire type de l'étude hydrogéologique est proposé en annexe 3.

Directive n°11 : Diamètres de foration

Les diamètres standards de foration sont les suivants :

- Forages au marteau fond de trou à l'air (aquifères discontinus = formations de socle)
  - Foration en diamètre 310 mm (12" ¼) dans les terrains de surface et mise en place d'un tubage provisoire de diamètre 245 mm (9" 5/8) sur toute la hauteur non consolidée ;
  - Foration de reconnaissance au MFT en 165 mm (6" 1/2) ;
  - En fonction des venues d'eau et du débit en cours de foration, le contrôleur autorise l'alésage au MFT en 220 mm (8''5/8) pour un équipement en diamètre 6''.
- Forages au rotary (aquifères continus = formations sédimentaires)
  - Foration en diamètre 374 mm (14"3/4) au rotary à la boue dans le terrain de surface et mise en place d'un tubage provisoire de diamètre 330 mm (13") ;
  - Foration de reconnaissance au rotary à la boue en diamètre 216 mm (8"1/2) ;
  - Suivant les instructions du contrôleur, alésage au rotary à la boue en diam 310 mm (12"1/4).

L'alésage doit au strict minimum avoir un diamètre de 2 pouces (5 cm) plus grand que le diamètre du tubage.

Directive n°12 : Equipement des forages

Le débit minimum au soufflage pour équiper le forage est de 7 m3/h pour un débit d'exploitation attendu minimal de 5 m3/h. Les tubages sont choisis selon les gammes de débits et pour une HMT de l'ordre de 100 m :

Gamme de débits (m3/heure)	DN en pouces	Diamètre de tubage PVC (int. / ext. en mm)
5 à 15	5	126 / 140
15 à 20	6	150 / 165
20 à 35	7	200 / 179
35 à 70	8	202 / 225
70 à 100	10	250 / 280 250
100 à 150	12	283 / 315

Pour des profondeurs supérieures à 200 m, les tubages renforcés seront utilisés.

L'espace annulaire entre le tubage et le trou est de 1 cm minimum dans le socle et de 2 cm minimum dans les terrains sédimentaires.

La granulométrie du gravier filtrant et la largeur des crépines varient selon l'aquifère capté.

Nature de l'aquifère	Granulométrie du gravier filtrant (mm)	Ouverture de la crépine (mm)
Socle ou sédimentaire ancien (sédiments de Kandi)	1,5 à 2	1
Bassin sédimentaire côtier	0,75 à 1,2	0,5

3.4 Etude de mobilisation des eaux de surface

Directive n°13 : Etude de mobilisation des eaux de surface

L'étude hydrologique préalable à la mobilisation des eaux de surface vise :

- A décrire les différents bassins versants hydrologiques susceptibles d'alimenter le ou les SAEP-MR (climat, topographie, hydrologie, géologie, couvert végétal...) ;
- A délimiter les sites potentiels d'implantation de zones de captage ;
- A réaliser une analyse multi-critères des sites potentiels ;
- A réaliser l'étude hydrologique détaillée pour le meilleur site.

Le sommaire type de l'étude hydrologique est proposé en annexe 4.

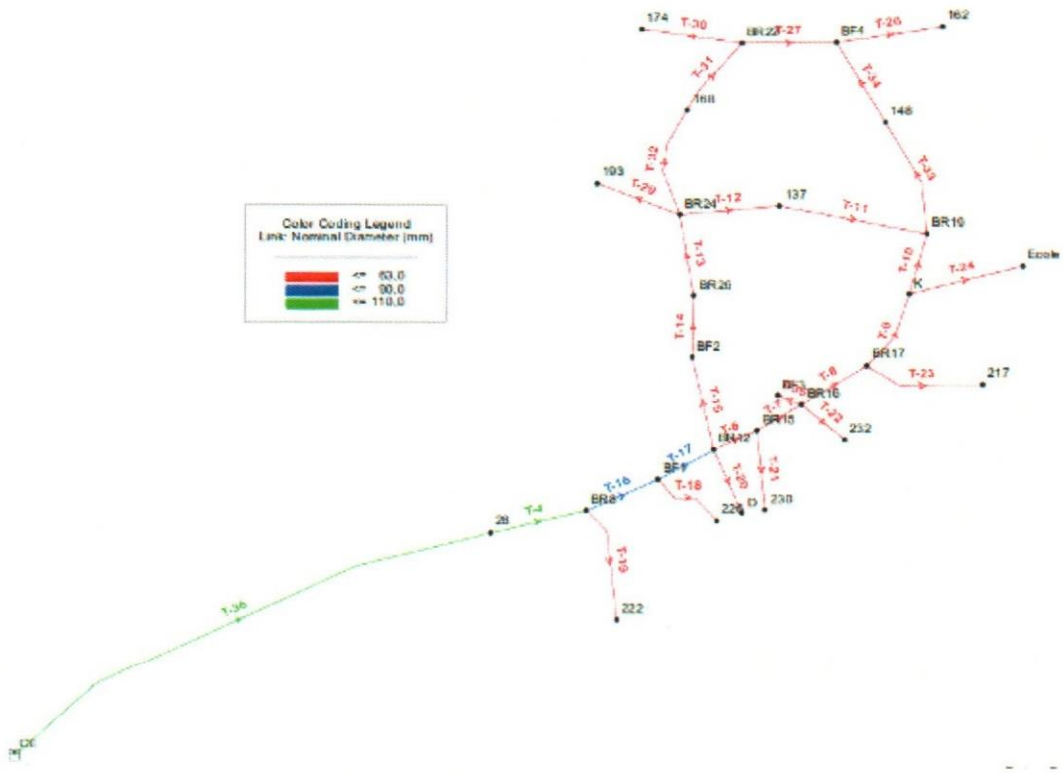
3.5 Protection des ressources en eaux mobilisées

Directive n°14 : Protection des ressources en eaux mobilisées

Le rapport d'exécution des forages et les études de détail pour la mobilisation des ressources en eau de surface doivent proposer et justifier les limites du périmètre de protection immédiate dans lequel toute activité autres que celles liées à l'exploitation est interdite et de protection rapprochée, où les activités sont règlementées.

Le document de référence en la matière au Bénin pour les captages d'eaux souterraines est le guide pour la « Mise en place d'un dispositif de protection des zones de captage d'eau potable » annexe du guide méthodologique à l'usage des communes édité en Mai 2010 pour le compte de la DGEau, sur financement de l'Allemagne (voir page de garde et sommaire en annexe 12).

4 DIMENSIONNER LES INFRASTRUCTURES HYDRAULIQUES



Une fois la ressource en eau mobilisée, le maître d'ouvrage doit disposer des éléments techniques de dimensionnement des ouvrages et équipements des infrastructures hydrauliques :

- La station de production d'eau potable
- Les réseaux d'adduction, de refoulement et de distribution
- Le réservoir
- Les accessoires ou singularités.

4.1 Equipements de la station de production d'eau potable

Directive n°15: Équipements de la station de production d'eau potable

Les équipements de la station de production d'eau potable d'un SAEP-MV comprennent :

- La pompe immergée et sa colonne montante ;
- la tête de forage et sa robinetterie ;
- le générateur thermique ou photovoltaïque « au fil du soleil » composé des panneaux solaires, ses supports et ses accessoires, en l'absence de possibilité de raccordement au réseau SBEE ;
- un abri groupe dans le cas d'un générateur thermique ;
- un local dédié au traitement ;
- un local d'exploitation ;
- une clôture grillagée équipée d'une porte d'accès verrouillable permettant l'accès d'un camion.

Figure 1 : Schéma type d'une station de production d'eau potable d'un SAEP-MV

4.2 Equipements du forage et de la tête de forage

Les équipements sont détaillés dans le CPT type des marchés de travaux en annexe 10. La Directive suivante en constitue un résumé.

Directive n°16: Équipements du forage et de la tête de forage

Les équipements type du forage et de la tête de forage comprennent :

- une pompe immergée, adaptée aux ressources en eau et à la source d'énergie disponible
- un tube PEHD bouchonné de diamètre un pouce pour passer une sonde de niveau prolongé jusqu'à un m en-dessous du niveau dynamique maximum
- la colonne montante :
  - pour sa partie immergée en matériau souple ou en PEHD, et en fonte ou acier inoxydable lorsque la t° de l'eau atteint ou dépasse 40°C.
  - pour sa partie aérienne en fonte ou acier inoxydable.
- la tête de forage bétonnée, surélevée si la zone est inondable ;
- la robinetterie de pompage, qui comprend dans l'ordre depuis la sortie du forage : (i) un clapet anti-retour, (ii) une ventouse 3 fonctions, (iii) un filtre, (iv) un compteur (v) au besoin un dispositif anti-bélier, (vi) un robinet vanne et (vii) un manomètre.

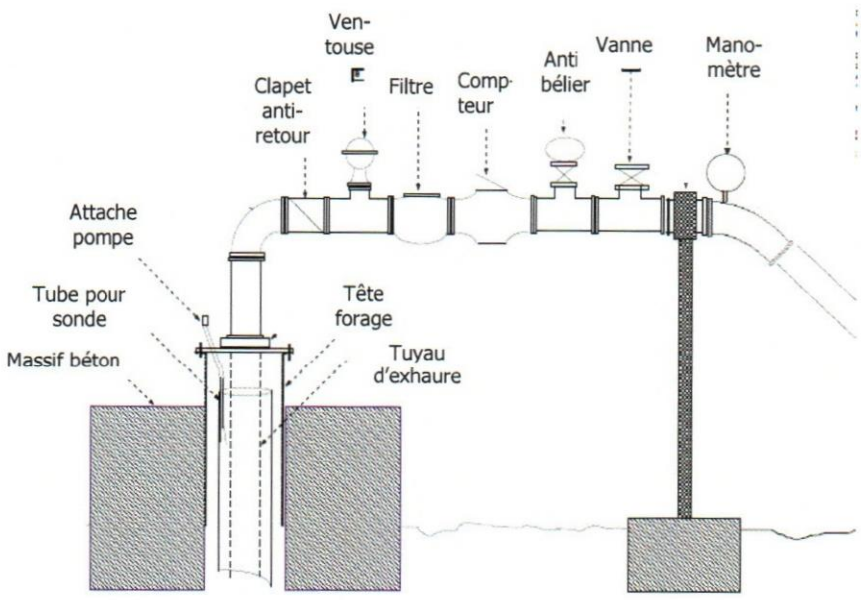


Figure 1 : Schéma type d'une tête de forage et de sa robinetterie

4.3 Dimensionnement des conduites d'adduction et de refoulement

Directive n°17: Dimensionnement de la colonne montante

Le diamètre de la colonne montante sera retenu sur la base des critères de dimensionnement ci-après :

- Vitesse maximale : 1,5 m/s
- Perte de charge maximale : 2,5 mCE

Le DN des éléments de la tête de forage sera celui de la colonne d'exhaure

Directive n°18: Dimensionnement des conduites d'adduction et de refoulement

Pour les systèmes d'AEP, le débit de référence pour le dimensionnement des conduites d'adduction et de refoulement est le débit d'équipement **A0+20.**

Dans le cas d'une station de traitement équipée d'une bâche de reprise, le débit de référence pour le dimensionnement des conduites de refoulement est multiplié par 1,2.

Le diamètre des conduites est optimisé par un calcul économique en prenant en compte pour le débit de référence :

- Une vitesse de transit comprise entre 0,7 et 1,5 m/s pour les conduites d'adduction ;
- Une vitesse de transit comprise entre 0,5 et 2 m/s pour les conduites de refoulement.

Directive n°19 : Type de conduites d'adduction et de refoulement

Les conduites d'adduction et de refoulement sont en PEHD de diamètre extérieur 63 mm minimum et de pression nominale minimum PN 10. Le choix de la pression nominale dépend de la pression statique maximale majorée de la surpression due au coup de bélier.

Les diamètres extérieurs standards retenus sont de 63, 75, 90, 110, 160, 225, 315 mm.

Directive n°20: Protection des conduites d'adduction et refoulement

Une étude des phénomènes transitoires est systématiquement effectuée sur les conduites d'adduction et de refoulement, et les équipements adaptés recommandés.

La limitation des pertes de charges linéaires permet de prévoir le raccordement d'autres forages à la même conduite si les besoins en eau augmentent.

Par ailleurs, le dimensionnement de la canalisation de refoulement au débit maximal admissible permet de limiter les pertes de charges linéaires si les besoins sont inférieurs à ce débit.

4.4 Dimensionnement de la pompe immergée

Directive n°21 : Dimensionnement et installation de la pompe immergée

La pompe immergée doit fournir le débit d'équipement pour la hauteur manométrique totale (HMT) requise. Le calcul de HMT prend en compte les données suivantes.

	Donnée		Unité
a	Débit d'équipement Q		m3/h
b	*Niveau dynamique pour Q equip.*		*m*
c	Cote terrain naturel (TN) forage		m
d	Cote trop-plein (TP) du réservoir		m
e	*TP - TN*	*d-c*	*m*
f	***Hauteur géométrique de refoulement***	*b+e*	*m*
g	Diamètre intérieur de la canalisation		mm
h	Longueur de la canalisation		m
i	**Pertes de charge pour le Q exploit.**		mcEau
j	**Hauteur manométrique totale - HMT**	*i+f*	m

La puissance absorbée en KW par la pompe est calculée avec un rendement de 60%, soit :

P(W) = 1000 x 9,81 x Q en m^3/s x HMT en m / 0,6.

La pompe est choisie en fonction du point de fonctionnement (HMT et Q exploitation) pour un rendement et un encombrement optimal.

Le diamètre de la pompe proposée y compris ses cables doit être inférieur d'au moins un cm au diamètre intérieur du tubage du forage pour assurer son refroidissement.

La pompe est installée au moins 2 m sous le niveau dynamique établi pour le débit d'équipement pour éviter les risques de dénoyage.

4.5 Alimentation en énergie

Directive n°22 : Alimentation en énergie

En référence au Plan Directeur, les priorités pour l'énergie d'exhaure sont dans l'ordre :

- le raccordement au réseau de la SBEE (Société Béninoise d'Energie Electrique) lorsqu'il est possible ;
- Les générateurs thermiques ;
- Les générateurs photovoltaïques pour les PEA et les mini-SAEP.

Le pays dispose depuis 2015 d'un Plan Directeur d'électrification rurale 2030, qui prévoit pour 2021 la connexion d'environ 540 villages ruraux.

Les contraintes d'exploitation et les coûts de maintenance sont moindres dans le cas de l'exhaure solaire que pour l'exhaure thermique, mais les systèmes d'exhaure solaire du marché sont actuellement adaptés pour des productions moyennes de l'ordre de 75 m3/j pour 75 m de HMT, soit une SAEP-MV desservant environ 2 000 personnes.

Raccordement SBEE

Directive n°23: Etude du raccordement au réseau électrique national

L'étude de raccordement au réseau électrique national comprend :

- le calcul de la puissance et l'intensité requise pour la puissance absorbée de la pompe immergée retenue ;
- Au besoin, l'évaluation de la longueur de ligne MT nécessaire et le calcul de la puissance du transformateur adapté ;
- L'évaluation de l'extension de ligne basse tension (220V / 380V triphasé) pour le raccordement à la ligne électrique MT.

Dimensionnement du générateur thermique

Directive n°24: Dimensionnement du générateur thermique

La puissance Pg en KVA du générateur thermique est la puissance absorbée de la pompe immergée x coefficient d'appel / facteur de puissance de 85%.

Le coefficient d'appel au démarrage diminue en fonction de la puissance. Il est de 2 ou 2,5.

Dimensionnement du générateur photovoltaïque

Directive n°25: Dimensionnement du générateur photovoltaïque

Le générateur photovoltaïque est « au fil du soleil ». Le calcul de la puissance minimale Pc requise en KiloWatt crête Wc intègre (i) le volume journalier exploitable en m3/j, (ii) la HMT en m, (iii) l'irradiation moyenne IR pour la zone de pr un coefficient intégrant le rendement de la pompe

Pc = 11,6 x HMT x Vj / IR

L'irradiation varie entre 4 au sud du Bénin, 4,5 dans le centre et 5 dans le nord.

Le dimensionnement du générateur photovoltaïque est validé par une courbe type de pompage répartie sur 9 heures de pompage journalier, et par les variations de débits journaliers au cours de l'année. Les outils de dimensionnement sont disponibles en ligne pour plusieurs fournisseurs de pompes.

La puissance unitaire de référence du module photovoltaïque installé au Bénin est d'au moins 200 Wc.

Un récapitulatif des critères de dimensionnement des générateurs photovoltaïques est présenté en **annexe 6.**

4.6 Qualité de l'eau destinée à la consommation

Directive n°26: Qualité de l'eau destinée à la consommation humaine

Les normes de qualité de l'eau destinée à la consommation sont consignées dans le Décrets 2001-94 et le Décret n°2001-094 du 20 février 2001 fixant les normes de qualité de l'eau potable en République du Bénin

Toute eau destinée à la consommation humaine fera l'objet d'une analyse physico-chimique et bactériologique effectuée par un laboratoire agréé par le maître d'ouvrage.

Pour toute déviation constatée par rapport aux valeurs limites normatives, un système de traitement sera préconisé sur la base d'une étude technico-économique.

Les normes de qualité de l'eau destinée à la consommation consignées dans le Décret n°2001-094 du 20 février 2001 sont présentées en annexe 22.

4.7 Traitement de l'eau destinée à la consommation

Désinfection

Directive n°27: Dimensionnement du système de chloration

La désinfection au chlore est obligatoire pour les SAEP-MV. L'unité de chloration est placée dans un local dédié. Chaque poste de dosage comprend :

- Un bac PEHD dont le volume représente une journée de dosage
- Un agitateur ;
- Une pompe doseuse.

Les pompes doseuses ne nécessitant pas d'alimentation électrique sont recommandées.

L'unité de dosage sera calculée sur la base d'un taux de dosage de 1 à 2 g de chlore par m3 d'eau pour assurer un taux résiduel minimum de chlore de 0,5 mg en tout point du réseau.

Traitement des paramètres physico-chimiques

Directive n°28 : traitement des paramètres physico-chimiques

Lorsque les eaux destinées à la consommation humaine dépassent les teneurs admissibles par la législation béninoise pour certains paramètres physico-chimiques, des mesures simples peuvent être envisagées pour éviter la mise en place d'un système de traitement couteux, comme l'utilisation de matériaux non corrodables contre les eaux agressives, la dilution des eaux entre plusieurs ressources permettant d'atteindre des niveaux de qualité requis.

Si cette option n'est pas possible, un système de traitement sera étudié sur des critères techniques et économiques, en privilégiant les systèmes simples et compacts, nécessitant le minimum d'intrants et d'énergie et générant un minimum de sous-produits.

A partir des données d'analyses d'eau compilées par la DGEau entre 2001 et 2015 concernant 5 630 forages exploités, on constate ce qui suit.

Les départements d'Atlantique, Ouémé, Couffo et Plateau montrent une proportion importante de forages fournissant des eaux acides, au pH inférieur à la valeur guide de 6,5, ainsi qu'une turbidité et couleur dépassant les valeurs guide, pouvant être associée à des valeurs de Fer total également élevées (plus de 10% des captages).

Le département de Collines, et dans une moindre mesure le Borgou et le Zou se distinguent par des taux de nitrates et de fluor supérieurs aux autres départements (plus de 10% des captages).

Le Mono se distingue par près de 5% de captages présentant des eaux fortement minéralisées (Conductivité > 1500 microS) associé à de fortes concentrations en Fer total (plus de 20% des captages).

Traitement du fer et du manganèse

Le Fer et le manganèse, comme la coloration en général associée, et la turbidité, sont traités par aération, filtration et décantation.

Le plan type d'un système de traitement est présenté en annexe 19.

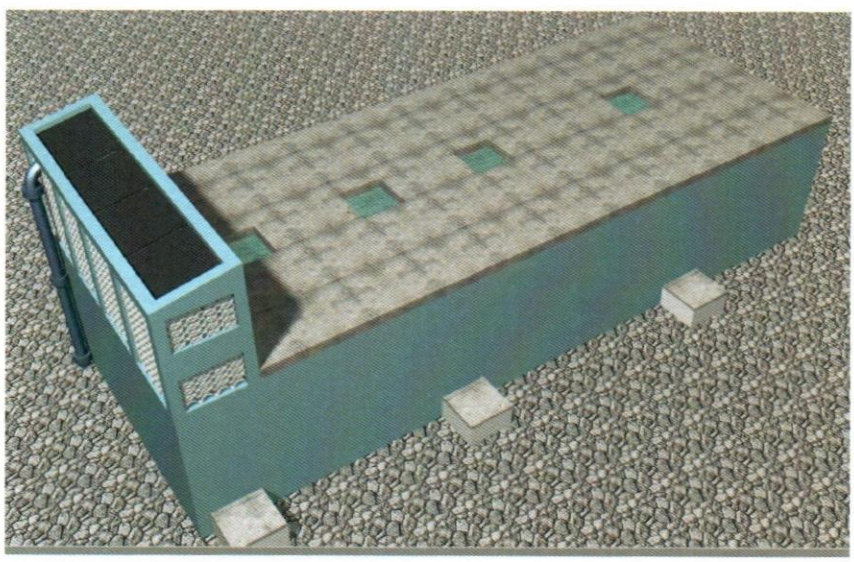


Figure 2 : Exemple d'un système de traitement du Fer et du Manganèse par aération, filtration et décantation

Autres traitements

En-dessous d'une valeur de 6,5, le pH pourra être ajusté par neutralisation par ajout de carbonate de calcium en poudre (CaCO3) à l'aide d'une pompe doseuse.

Les systèmes de dénitrification biologiques et dénitratation par échanges d'ions nécessitent des investissements importants et des process relativement complexes mobilisant plusieurs réactifs. Il en est de même pour le traitement du fluor.

4.8 Le stockage

Directive n°29: Capacité des réservoirs

La capacité des réservoirs est justifiée pour l'année A+20 par une modélisation des entrées – sorties en fonction d'un profil horaire pour une journée type de consommation et de pompage :

- En cas de pompage thermique ou SBEE, il est au minimum de 25% de la consommation journalière de pointe.
- En cas de pompage solaire, d'au moins 60% de la consommation journalière de pointe.

Les volumes standard sont de 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250....m3. Le volume de stockage calculé est arrondi au volume standard à 10 m3 près.

Le réservoir a deux fonctions :

- assurer la charge nécessaire pour alimenter tous les points de desserte en eau à tout moment de la journée selon la demande et avec le débit et la pression nécessaire,
- disposer d'un volume d'eau suffisant pour assurer la demande en dehors des périodes de pompage.

Son emplacement est le résultat d'un compromis :

- Le réservoir est prioritairement installé sur les points hauts. Un relief accessible à proximité de la localité pourra permettre d'installer un réservoir au sol.
- D'une manière générale, on privilégie la proximité des habitations par rapport au forage, pour diminuer les pertes de charge en distribution.

Le dimensionnement est justifié par une simulation des volumes pompés entrants et des volumes distribués sortants en combinant les courbes type de production et de consommation. Les critères de modélisation sont détaillés en **annexe 7.**

La consommation est lissée sur 17 heures en cas de desserte par BP, avec une pointe le matin et le soir.

Directive n°30 : Bâche de reprise

Une bâche de reprise est souvent nécessaire au bout d'une chaîne de traitement ou pour collecter l'eau provenant de plusieurs captages ; le volume minimal d'une bâche de reprise représente deux heures de pompage.

Lorsque la bâche de reprise doit également faire fonction de stockage au sol, sa capacité est déterminée par le diagramme des masses (entrées - Sorties).

Directive n°31 : Types et hauteurs des réservoirs

Deux types de réservoirs sont retenus pour les SAEP-MV en fonction du volume de stockage :

- Réservoirs de capacité inférieure à 150 m3 : cuve cylindrique
- Réservoirs de capacité supérieure ou égale à 150 m3 : cuve tronconique.

La hauteur du réservoir est déterminée pour assurer une pression de service d'au minimum 10mCE (1bar) en tous points du réseau de distribution en heure de pointe, pour un réservoir à son plus bas niveau de service.

La hauteur du réservoir est arrondie à la tranche de 3 m supérieur. La hauteur du réservoir, mesuré du Terrain Naturel (TN) à la dalle inférieure, ne doit pas excéder 24 m.

Si la hauteur du réservoir doit dépasser 24 m, il convient de prévoir une distribution étagée avec

plusieurs réservoirs.

Les réservoirs sont en béton armé brut de décoffrage.

Directive n°32 : Equipements des réservoirs

Les réservoirs sont équipés à minima des équipements suivants :

- Un tuyau d'arrivée en fonte ou acier inoxydable
- un tuyau de trop plein en fonte ou acier inoxydable relié à la conduite de vidange,
- une conduite de distribution en fonte ou acier inoxydable équipée d'une crépine placée à 15 cm du radier,
- une canalisation de vidange en fonte ou acier inoxydable calée au ras du radier équipée d'un robinet-vanne, dirigée vers un puisard ou le réseau d'assainissement s'il existe,
- un regard en pied du réservoir comprenant une robinet-vanne et un compteur installé sur la conduite de distribution,
- un évent, équipé d'une moustiquaire, fixé sur la dalle supérieure,
- une échelle métallique à crinoline à partir de 3 m de hauteur,
- un trou d'homme équipé d'un tampon en fonte ou polyéthylène et une échelle aluminium d'accès à la cuve;
- un dispositif indicateur de niveau.
- Un robinet à flotteur asservi à l'arrêt et démarrage automatique des pompes.

L'étanchéité interne est assurée par la pose d'un enduit conforme aux spécifications techniques.

En cas de refoulement distribution, la conduite de refoulement est reliée à celle de distribution par l'intermédiaire d'un by-pass muni d'un clapet.

Pour les réservoirs tronconiques, les équipements supplémentaires sont à minima prévus :

- un treuil de levage

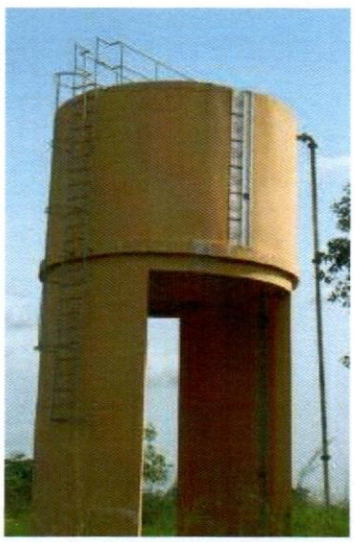
Les plans type de réservoirs sont présentés en **annexe 19.**

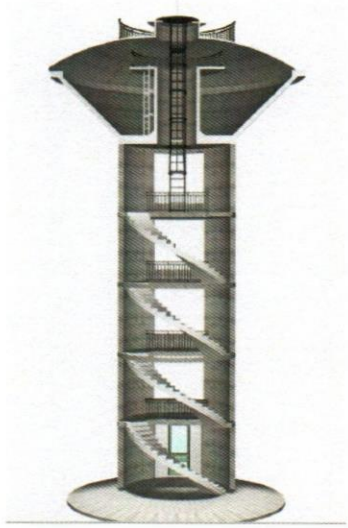
Le CPT type pour la réalisation des ouvrages de génie civil est présenté en **annexe 14.**

La peinture des réservoirs n'est pas recommandée en raison de son vieillissement rapide.

Le remplissage par le haut permet :

- de limiter les variations de HMT,
- une intervention sur la canalisation de refoulement sans vidange du réservoir,
- une chute d'eau en entrée favorisant l'aération.





Directive n°33 : Calculs de structures en béton

Toutes les structures en béton seront conçues en référence au document BAEL 91 modifié 99 (Béton Armé au Etats limites) ou au document Eurocode « béton armé ».

4.9 Les réseaux de distribution

Directive n°34 : Modalités de distribution

Deux modes de distribution sont possibles :

- La distribution gravitaire séparée du refoulement ;
- Le refoulement – distribution.

Le choix entre ces deux modes est fait en fonction de la disposition relative de la station de refoulement et du réservoir par rapport à la zone de distribution.

Lorsque la conduite de refoulement doit traverser la zone de distribution, le mode de refoulement – distribution est préconisé si la station de refoulement est à plus de un km du réservoir.

Sinon le refoulement sera séparé de la distribution qui sera alors uniquement gravitaire.

Le refoulement direct vers le réseau de distribution sans réservoir tampon n'est pas autorisé dans le cas des SAEP – mV.

Directive n°35: Dimensionnement des réseaux de distribution

Une modélisation hydraulique des réseaux de distribution à l'horizon A+20 est réalisée en régime permanent pour le débit de pointe horaire. Le coefficient de pointe horaire est égal à 2.

La pression statique maximale admissible est de 60 mCE (6 bars).

La vitesse de l'eau dans les canalisations doit être comprise entre 0,3 à 1,5 m/s, excepté en bout de réseau, où le diamètre minimal est imposé.

Le type de réseau (ramifié ou maillé) est choisi en fonction du niveau d'urbanisation.

Directive n°36: Calcul des pertes de charges

Les formules et coefficients suivants sont utilisés pour le calcul des pertes de charges

Formule de pertes de charge	Coefficient à adopter
Darcy-Weisbach + White-Colebrook *	K, e, epsilon = rugosité absolue
	K, e, epsilon = 0,1 mm **
	(PVC, PEHD, Font ductile revêtue, ...) en service
Hazen-Williams	CHW = Coefficient de Hazen-Williams
	CHW = 135

Les formules approchées de moins de 3% de White-Colebrook sont aussi recommandées pour leur facilité d'utilisation notamment celles de Swamee-Jain et Lechapt et Calmon.

** Valeur recommandée par les services techniques de PONT-A-MOUSSON pour tuyaux (tous matériaux confondus) en service.

Les pertes de charge linéaires calculées sur la base des formules ci-dessus seront majorées de 10 à 15 % pour prendre en compte les pertes de charge singulières.

Dans le cas présent des SAEP-MV, le type de réseaux est ramifié. Le service en route dans les tronçons est calculé par rapport à la population à desservir par tronçon.

Des critères type de dimensionnement et un exemple de présentation des résultats sont présentés en **annexe 8**.

Directive n°37: Type de canalisations de distribution

Les conduites de distribution sont en PEHD de diamètre 63 mm minimum, de PN10 minimum. Les accessoires (coudes, manchons, tês...) sont en PN16. Si la pression statique dépasse 16 bars, la fonte est recommandée.

Les diamètres extérieurs standards retenus sont de 63, 75, 90, 110, 160, 225, 280, 315 mm.

Les conduites primaires sont de diamètres supérieurs à 200 mm, les conduites secondaires de diamètre compris entre 100 et 200 mm et les conduites tertiaires sont de diamètres inférieurs à 100 mm.

En cas de pression de service supérieure à 6 bars, un réducteur de pression doit être installé.

Pour les portions aériennes non protégées, la fonte ou l'acier inox est obligatoire.

Compte tenu de la disponibilité du PEHD aux standards internationaux dans la gamme des diamètres nécessaires en secteur rural, de la baisse de son prix sur les marchés internationaux et de la compétence des entreprises locales à sa soudure, le PEHD est choisi en raison du gain de temps à la pose par rapport au PVC.

Les spécifications de pose sont détaillées dans le CPT type des travaux d'AEP présenté en **annexe 14.**

4.10 Les accessoires / singularités

Pose de ventouse et vidanges

Directive n°38 : Ventouses et vidanges

Ventouse

La pose de ventouses sous regards aux points hauts et de vidange aux points bas, conformément aux profils en long, est obligatoire sur les conduites de refoulement et les conduites de distribution structurantes sur lesquelles aucune BF ou aucun BP n'est réalisé.

Les ventouses sont en fonte de type triple fonction. Les diamètres suivants sont prévus :

- Canalisation de DN 40 à <200 : ventouse DN40
- Canalisation de DN 200 à DN 350 : ventouse DN60

Vannes de sectionnement

Des vannes de sectionnement sont placées sous regards au moins aux nœuds du réseau structurant et au départ des conduites connectées au réseau structurant.

Les vannes sont en fonte :

- à opercule pour les canalisations de DN ≤ 300 mm
- à papillon pour les DN > 300 mm

Pose de compteurs

La pose de compteurs est essentielle pour (i) suivre l'exploitation de la ressource en eau, (ii) maîtriser les pertes physiques et commerciales, (iii) justifier auprès des usagers des volumes facturés. Ils sont l'outil de base pour assurer la pérennisation de la ressource en eau et du service de l'eau.

Directive n°39 : Compteurs

La pose de « gros compteurs » (diamètre intérieur supérieur à 50mm) de type Woltmann est obligatoire :

- en sortie de forage,
- en sortie de réservoir,
- à l'entrée de chaque village desservi ;
- pour les gros consommateurs non domestiques,
- à tous points de sectionnement pertinent.

Hormis en sortie de forage, les compteurs sont installés en regards avec robinet-vanne.

La pose de « petits compteurs » de vitesse est obligatoire aux bornes fontaines et branchements domestiques.

Les caractéristiques et modalités de certification et étalonnage des compteurs sont détaillées dans des directives spécifiques.

4.11 Les points de desserte

La limitation des BF prévue dans la mise en œuvre du Plan Directeur est justifiée par le constat que la demande en BP augmente d'année en année si l'offre existe, et que la consommation aux BF diminue voire s'arrête. Cette dynamique est accompagnée par la promotion des BP et la limitation du nombre de BF pendant la réalisation des travaux.

Par ailleurs, la desserte en eau par BP limite les risques de contamination de l'eau par transport, et stimulent la consommation par la proximité de la desserte. Enfin, les BP peuvent être partagés par plusieurs ménages issus d'une même famille ou voisins.

Directive n°40 : Dimensionnement des points de desserte

Le branchement domestique est le point de desserte cible pour le milieu rural, à raison de 24 usagers par BP (environ 4 ménages).

Une borne fontaine est dimensionnée pour desservir 250 usagers.

Les bornes fontaines (BF) sont une solution transitoire vers une densification des BP.

Les schémas type des BF et BP sont présentés en **annexe 19.**

Directive n°41 : Conception et réalisation des branchements

La conception et la réalisation des branchements sont détaillées dans des directives spécifiques.

Les équipements des bornes fontaines comportent :

- un robinet de puisage
- Deux robinets à potence équipés chacun d'une vanne d'arrêt
- Un compteur
- Une vanne d'arrêt générale.

4.12 Télé-relève

Directive n°42 : Télé-relève

La télé-relève est une option envisageable pour optimiser et sécuriser l'exploitation. A la demande du maître d'ouvrage, elle peut concerner :

Pour les forages :

- la mesure du niveau dynamique par sondes de niveau piézorésistive
- l'alerte manque d'eau

Pour les stations de pompage :

- un défaut électrique
- un arrêt groupe
- le débit de pompage
- les horaires de pompage
- un défaut chloration
- une intrusion par pose de capteur(s)

Par réservoir :

- la mesure du niveau
- le niveau haut d'arrêt du pompage (pose d'une poire de niveau)
- le niveau bas de démarrage du pompage (idem)
- les alarmes de niveaux (bas – très haut)
- les débits entrant / sortant
- une intrusion par pose de capteur(s)
- le cas échéant, défaut chloration

Comptage aux réservoirs et sur le réseau

Les compteurs Woltman peuvent être équipés de sorties pour radio fréquence ou GSM en sortie de forage, de réservoirs et compteurs de sectorisation.

5 CONSTRUIRE DES SYSTEMES D'AEP

Les travaux d'AEP doivent être réalisés selon les règles de l'art en référence :

- aux Documents Techniques en vigueur au Bénin ;
- aux normes internationales relatives à tous les équipements des Systèmes d'AEV ;
- aux Cahiers des Prescriptions Techniques (CPT) des marchés de travaux qui intégrent les éléments des DTU et des normes pertinentes pour les travaux à réaliser.

Le maître d'œuvre en charge du contrôle s'assure que les travaux sont réalisés selon prescriptions des clauses du contrat et de son CPT. On distingue :

- le contrôle technique, qui concerne (i) la validation des projets d'exécution fournis par l'Entreprise, (ii) le respect des dispositions techniques qualitatives et quantitatives pour toutes les phases d'exécution des travaux depuis l'installation jusqu'à la réception des travaux et au repli du chantier, (iii) la coordination technique entre les intervenants,
- le contrôle administratif et financier, comprenant (i) la vérification des situations et décomptes, (ii) la direction des réunions, (iii) l'assistance au Maître de l'Ouvrage pour l'établissement des ordres de service et avenants, (iv) l'arbitrage et le règlement des litiges, pour les opérations de réception provisoires et (v) la rédaction de rapports d'avancement, procès-verbaux de réception et rapports de fin de chantiers.

Comme mentionné précédemment, dans le volume II d'annexes sont proposés des documents de référence pour le contrôle des travaux de forage et d'AEP, listés ci-après. Ces modèles sont mis à disposition des intervenants, à adapter et au besoin à compléter en fonction des spécificités des travaux, du contexte de l'intervention, et de l'évolution des bonnes pratiques dans le secteur.

5.1 Travaux de forages

Les documents suivants sont reportés en annexe :

- Annexe 9 – TdR pour le contrôle des travaux de forage et de pompage d'essai
- Annexe 10 - CPT type pour la réalisation de forages et de pompage d'essai
- Annexe 11 - Contenu type du rapport de contrôle de forages
- Annexe 12 – Délimitation des périmètres de protection

5.2 Travaux d'AEP

Les documents suivants sont reportés en annexe

- Annexe 13 - TdR pour le contrôle des travaux d'AEP
- Annexe 14 - CPT type pour la réalisation de travaux d'AEP (pompage, générateur thermique, génie civil, réseaux et accessoires)
- Annexe 15 - CPT type pour la fourniture et l'installation de stations de pompage solaires et hybrides
- Annexe 16 - CPT type pour la fourniture de matériels de branchements et de compteurs d'eau (Pour mémoire - reporté dans les Directives spécifiques aux branchements)
- Annexe 17 - Cadre du bordereau des prix pour les travaux d'AEP
- Annexe 18 - Mémoire descriptif type
- Annexe 19 - Plans et schéma type
- Annexe 20 - Procès-verbaux et de suivi et réception des travaux