



Offres en vue de la gestion déléguée du service de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement de la ville d'Annaba

- Modèle mathématique -

**Institut für Wasser und Gewässerentwicklung
Bereich Wasserwirtschaft und Kulturtechnik**
o. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. mult. Franz Nestmann
Kaiserstraße 12
D-76128 Karlsruhe

Projektleitung : Dr.-Ing. Jochen Deuerlein
Fon : +49 (0) 721 608 4418
Fax : +49 (0) 721 608 4608
Email : deuerlein@iwg.uka.de





Sommaire

1	Introduction	2
1.1	L'alimentation en eau de grandes villes algériennes	2
2	Etat actuel du système de distribution de l'eau Wilaya Annaba et Wilaya El Tarf	2
2.1	Ressources d'eau	2
2.2	Répartition de l'eau	4
2.3	Volume de données existant	5
3	Objectif de l'étude du réseau d'alimentation en eau potable	5
3.1	Amélioration de l'alimentation en potable avec l'objectif H24	5
3.2	Objectifs partiels de la réalisation	6
4	Méthodique de la réalisation des objectifs	8
4.1	Aperçu	8
4.2	Collecte des données (Phase A)	8
4.2.1	Données du système - SIG (A.1)	8
4.2.2	Données de consommation (A.2)	9
4.2.3	Prélèvements de données de mesure actuels (A.3)	9
4.3	Analyse du réseau et planification de la réhabilitation (Phase B)	10
4.3.1	Identification et séparation du système de distribution primaire et secondaire (B.1)	10
4.3.2	Détermination de zones d'alimentation/de pression – Sectorisation (B.2)	10
4.3.3	Analyse du système hydraulique – Système d'adduction (B.3)	10
4.3.3.1	Détermination de points faibles au sein du système d'adduction (B.3.1)	10
4.3.3.2	Détection de fuites et mesures (B.3.2)	11
4.3.3.3	Analyse de l'alimentation discontinue actuelle, planification de scénarios de transition (B.3.3)	11
4.3.3.4	Amélioration de l'efficacité hydraulique en vue d'H24 (B.3.4)	11
4.3.3.5	Vérification du mélange possible d'eau provenant des barrages, d'eau souterraine et d'eau dessalée (B.3.5)	12
4.3.3.6	Calibration du modèle et surveillance du modèle (B.3.6)	12
4.4	Accomplissement des modèles et soutien hydraulique du fonctionnement du réseau (Phase C)	12
4.4.1	Encadrement hydraulique des scénarios de transition (C.1)	12
4.4.2	Modèle mathématique et analyse des réseaux de distribution (C.2)	12
4.4.3	Soutien de la réduction des pertes et de la recherche de fuites (C.3)	12
4.4.4	Soutien de la nouvelle planification et de la planification de réhabilitation (C.4)	12
4.4.5	Planification d'une commande optimale du système de refoulement (C.5)	12
4.5	Modèles mathématiques	12
4.6	Transmission du modèle et formation	13
5	Horaire	13
6	Littérature	14
7	Offre financière	15



1 Introduction

1.1 L'alimentation en eau de grandes villes algériennes

L'alimentation en eau de la population d'Annaba et des villes voisines se fait pour la plus grande partie de façon intermittente, comme cela est le cas pour la plupart des grandes villes en Algérie. Cela veut dire que les différentes parties de la ville sont alimentées à différentes heures de la journée. Une alimentation continue (24h/24) n'existe pas. Suite à cela les habitants doivent stocker l'eau dans des réservoirs intermédiaires. Cette pratique engendre de grandes pertes d'eau, car l'eau restante dans ces réservoirs est souvent vidée avant de les remplir à nouveau. De plus, ce type de stockage cause des problèmes d'hygiène dus à l'échauffement de l'eau et ainsi la germination. L'eau qui est stocké dans les maisons privées suffit rarement aux exigences à la qualité d'eau potable.

Pour la société responsable de l'alimentation en eau cette pratique cause également de grandes difficultés techniques au niveau du fonctionnement de l'alimentation au sein du réseau. La « commande » des dispositions, grâce à la fermeture manuelle de vannes demande des frais de personnel considérable. D'un point de vue hydraulique, l'alimentation par intermittence des différentes zones de la ville amène à des états de charge de pointe pour lesquels les systèmes n'ont pas été conçus, car elles ont été créées en vue d'une alimentation continue sur 24 heures. Des coefficients de charge qui dépassent largement les coefficients de charge de pointe habituels de grandes villes comparables en taille et nombre d'habitants sont dus au fait que toute la quantité dont un foyer a besoin dans un certain laps de temps doit couler dans le réservoir domestique en quelques heures. La surcharge hydraulique amène parfois à des sous-pressions dans les tuyaux, ce qui cause des entrées de polluants dans ceux-ci au niveau des endroits de fuites. Le vidage complet fréquent du réseau de conduites ne permet aucun fonctionnement fiable du système.

2 Etat actuel du système de distribution de l'eau Wilaya Annaba et Wilaya El Tarf

2.1 Ressources d'eau

La situation actuelle dans les deux Wilayas Annaba et El-Tarf présente une alimentation par intermittence. Des problèmes se trouvent au niveau du mauvais état des réseaux de distribution. Le taux de raccordement à de la population l'alimentation d'eau publique est très élevé. Il s'élève à environ 85 %. D'après la documentation de l'appel d'offres, la production d'eau s'élevait à environ 90.611.000 m³ en 2005. Compris dans cette production totale il y a environ 67.340.000 m³ provenant d'eaux de surface et 23.271.000 m³ provenant d'eaux souterraines. La production journalière moyenne se trouvait alors à environ 250.000 m³.

L'eau de surface est captée au niveau de deux barrages : Cheffia (Capacité initiale: 171 hm³, Volume régularisé: 95 hm³, pour irrigation env. 45 hm³, pour alimentation en eau potable env. 50 hm³) et Mexa (Capacité initiale: 47 hm³, Volume régularisé: 37 hm³, essentiellement destiné à l'alimentation en eau potable) (Source : http://www.mre.gov.dz/eau/ressources_mre.htm). Ces deux barrages se trouvent dans la Wilaya El Tarf. Un troisième barrage est en voie de construction proche de Bougous (V = 60 hm³). Sa mise en service est prévue pour 2010. L'eau provenant des barrages est traitée dans les installations de traitement d'eau Mexia et Chaiba. Les deux installations possèdent chacune une capacité 1.000 l/s. La capacité sera doublée à Mexa lorsque le barrage Bougous sera mis en service afin de permettre le traitement de son eau. De plus une installation de dessalement est prévue qui produira environ 50.000 m³/j (à partir de 2008).

Le développement au niveau de la population et de la demande en eau pour la demande domestique ainsi que pour la demande industrielle a été étudié pour l'Algérie par ordre du *MINISTERE DES RESSOURCES EN EAU Direction des Etudes et des Aménagements Hydrauliques: Etude d'Actualisation et de Finalisation du Plan National de l'Eau Régions hydrographiques Centre et Est, Rapport de Mission 2, Volet 10 – Demande en eau domestique et Volet 11 – Demande en eau industrielle*. Les résultats pour la région étudiée (Wilaya Annaba et Wilaya El-Tarf) sont représentés dans la

figure 1. La figure se base respectivement sur les scénarios de développement les plus défavorables de l'étude. Une demande spécifique s'élevant à 115 l/(hab jour) a été appliquée pour les calculs. Elle a été augmentée de 35 % pour la demande des administrations et de la petite industrie [3]. Les quantités de demande de grands consommateurs industriels peuvent être prélevées directement [4].

La production d'eau correspond à peu près à la demande journalière totale d'après les calculs (sans les pertes [3] et [4]) qui s'élèvent à l'état actuel à environ 250.000 m³ (voir figure 1). Des problèmes au niveau de l'alimentation peuvent surgir aux jours d'à cause du mauvais état du système de conduites. Une réduction des pertes d'eau dus à des fuites dans le réseau est donc nécessaire, surtout avant la mise en service de la station de dessalement et du barrage Bougous.

D'après des données de l'ADE la demande réelle journalière s'élève à 220.000 m³ à Annaba et 60.000 à El-Tarf. Les pertes dans le réseau sont estimées actuellement à 30 – 50 % de la quantité de production. Une quantité d'eau disponible suffisante sera assurée lors de la mise en service de la station de dessalement (2008/2009), du barrage Bougous (2010) et lors de l'agrandissement de l'usine de traitement d'eau à Mexa. La quantité de production sera augmentée de 50.000 m³/jour grâce à l'usine de dessalement et de 86.400 m³/jour grâce au barrage Bougous.

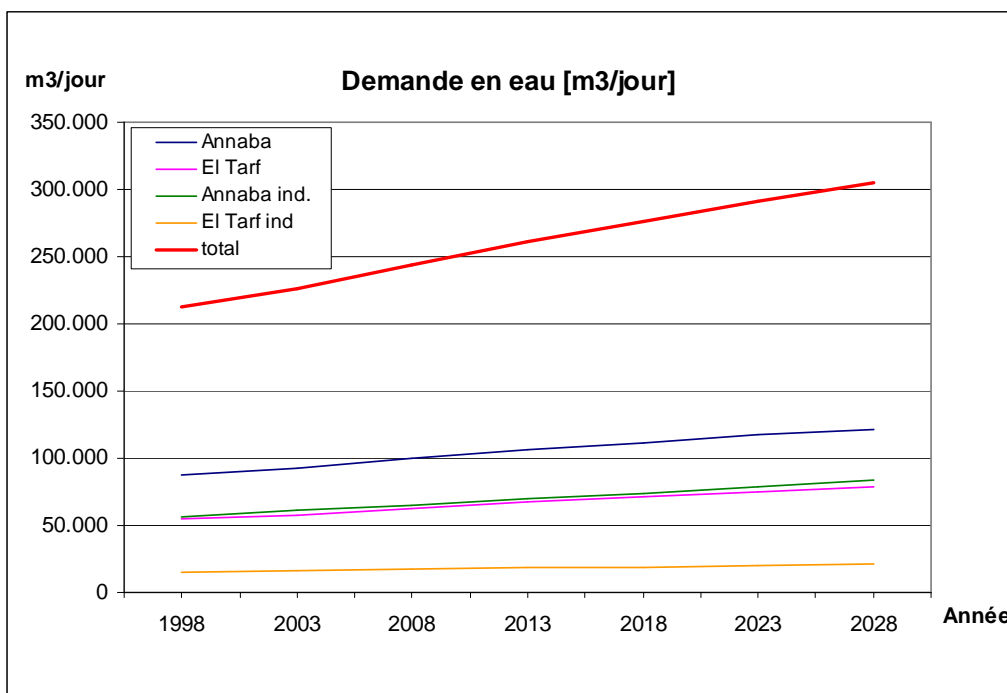


Figure 1: Développement de la demande en eau dans la région étudiée ([3] et [4])

Le tableau 1 donne un aperçu des sites de production d'eau les plus importants en ce moment ainsi que de leur quantité produite pour la région étudiée dans le cas d'une utilisation totale.



Captage d'eau	[m ³ /jour]	[l/s]
Champ captant Boutheldja	25.000	289,35
Champ captant Les Salines	8.000	92,59
Champ captant Guerbez	5.500	63,66
Champ captant Bordj Ali Bey	8.700	100,69
Mexa	86400	1000
Cheffia -> Chaiba	86400	1000
Cheffia -> Bouhadjar	17280	200
Forages Bousba	6048	70
Forages Tarf/Kala	4579,2	53
Production actuelle dans le cas d'une utilisation totale:	247.907	2869,30

Tableau 1: Sites de production d'eau les plus importants (état actuel)

(Source: [2], [3], [4])

2.2 Répartition de l'eau

La station de traitement d'eau Chaiba (taux d'utilisation s'élevant à environ 75 % à cause des mesures de réhabilitation) et la station de pompage « Les Salines » couvrent actuellement environ 80 % de la demande en eau de la Wilaya Annaba. L'eau y est amenée grâce à deux conduites de refoulement principales. Le reste de la demande provient de puits qui sont répartis dans la Wilaya et qui alimentent surtout sa partie ouest. L'alimentation de la station de traitement Chaiba pour laquelle l'eau provient du barrage Cheffia se fait d'abord de façon gravitaire jusqu'au piquages amenant l'eau pour l'irrigation jusqu'à El Asfour et Zerizer. La quantité d'eau destinée à être traitée à la station Chaiba y est amenée grâce à une station de pompage ayant une capacité de 5600 m³/h. De plus la station de pompage « Les Salines » refoule de l'eau souterraine provenant des champs de puits du sud et de l'eau traitée de la station Mexa. L'eau est stockée de façon intermédiaire dans la station « Les Salines » pour assurer l'alimentation de la partie sud-ouest de la ville d'Annaba. Des entretiens avec l'unité d'Annaba ont montré que la plupart des problèmes se trouvent au niveau de l'état du réseau. Les pertes au niveau de l'adduction entre Mexa et Chaiba, en passant par la station de pompage « Les Salines », s'élèvent à environ 8.000 m³/jour. Des causes sont d'une part des fuites dues au mauvais état des conduites, d'autre part il y a beaucoup de piquages. Cet état est caractéristique pour le réseau entier. Durant ces dernières années des efforts considérables ont déjà été fournis en ce qui concerne la réhabilitation du réseau. Ainsi depuis 2003, plus de 123 km du réseau de conduites ont été renouvelés. Quelques premiers succès peuvent être aperçus. La direction de l'ADE à Annaba est confiante qu'en réalisant davantage de mesures de renouvellement l'objectif H24 peut être atteint dans quelques années.

Au sein de la ville, des pertes importantes dues au mauvais état des conduites et aux piquages, causent également une situation d'alimentation insuffisante. D'après des données qui ont été fournies par l'ADE se sont spécialement les branchements d'immeubles qui causent des quantités manquantes. La réparation de fuites a souvent été peu effective, car l'augmentation de la pression dans le tuyau suite à la réparation engendrait l'apparition de nouvelles fuites. Généralement dans de tels cas le remplacement total d'une conduite ou d'un ensemble de conduites est préférable à la réparation de quelques fuites particulières. Les parties ouests et levants de la commune d'Annaba sont actuellement alimentées de manière intermittente. Une alimentation journalière avec une durée de 10 heures par jour est possible. Il faut spécialement tenir compte de l'aciérie ISPAT (ex. EN Sider) à El-Hadjar comme consommateur d'eau industriel principal de la région. L'aciérie consomme une quantité de 35.000 m³ par jour. Elle possède son propre réservoir intermédiaire ayant une capacité s'élevant à environ sept fois la demande journalière. D'après des *Etudes d'Actualisation et de Finalisation du Plan National de l'Eau, Régions hydrographiques Centre et Est de l'an 2005*, la demande industrielle de la Wilaya Annaba s'élève au total à environ 60.650 m³/jour.

Comparée à celle de la Wilaya Annaba, la situation d'alimentation d'El-Tarf est marquée par une structure plutôt rurale, ce qui veut dire qu'il y a peu d'industrie (demande journalière industrielle de



l'ensemble de la Wilaya s'élevant à 15.800 m³/jour). Les communes ayant le plus d'habitants sont Besbes (48.200), Dréan (41.000) et El Kala (38.000). Au total, la Wilaya est divisée en 24 communes, dont 19 sont actuellement alimentées par l'ADE. Les communes du sud Bouhadjar, A. Kerma, Zitouna, H.B. Salah (appelés aussi « Chaîne de Bouhadjar ») sont alimentées directement grâce d'une station de traitement qui refoule l'eau provenant du barrage Cheffia (prélèvement : 120 l/s, capacité de la station de traitement d'eau : 200 l/s). Les communes qui se trouvent à l'est, c'est-à-dire près de la frontière tunisienne (« La Bande Frontalière ») reçoivent actuellement essentiellement de l'eau souterraine. Leur branchement à la station de traitement Mexa est prévu. Les ressources d'eau des communes ayant plus d'habitants proviennent d'une part de la station Mexa, d'autre part des différents puits et sources qui se situent proche des Communes.

Au total le système de distribution de deux Wilayas peut être divisé en trois composantes principales. Le premier groupe contient le système d'adduction, qui sert au transport de l'eau brute des barrages et puits jusqu'aux stations de traitement d'eau et réservoirs intermédiaires à Chaiba et Mexa. Le système de conduites entre le traitement d'eau et les différents réservoirs de stockage des zones d'alimentation est appelé système de distribution primaire. A partir de ce point le système de distribution secondaire assure l'alimentation du consommateur. Il contient le réseau de conduites reliant le réservoir aux branchements d'immeuble.

(Source: [2], Communiqué ADE, séjour Annaba 7/2006)

2.3 Volume de données existant

Actuellement l'ADE Annaba et El-Tarf ne possèdent pas de plan du réseau ou de banque de données SIG. Une étude concernant l'élaboration d'un modèle SIG (Systèmes d'Informations Géographiques) de l'infrastructure de l'alimentation en eau ainsi qu'un modèle mathématique pour le calcul de réseaux de conduites a été commencée par le bureau d'études BGA Bonnard & Gardel Ingénieurs, Alger par ordre de la Direction de l'Hydraulique de Wilaya, qui appartient professionnellement au Ministère des ressources en eau. D'après le personnel responsable de la direction DHW Wilaya Annaba, pour l'instant seulement les données concernant les quatre communes les plus peuplées de la Wilaya Annaba (ville Annaba, El-Bouni, El-Hadjar et Sidi Amar) ont été recueillies. Le logiciel ArcGIS d'ESRI a probablement été utilisé comme logiciel.

L'ADE Unités Annaba et El-Tarf disposent également de schémas synoptiques représentant le système d'adduction, les réservoirs, stations de pompage et stations de traitement d'eau. Pour la représentation des systèmes de distribution des différentes communes il y a pour l'instant aucun plan les représentant. La personne à contacter pour plus d'informations sur les conduites existantes sera les chefs de secteur de l'ADE respectif.

3 Objectif de l'étude du réseau d'alimentation en eau potable

3.1 Amélioration de l'alimentation en potable avec l'objectif H24

D'après les documents d'appel d'offres ([1], Annexe a) et des informations obtenues lors des entretiens avec les coopérateurs de l'ADE, la plus grande priorité se trouve dans l'introduction de l'alimentation en continu (H24) de la population.

Pour la partie du projet « modélisation mathématique et analyse de système du réseau d'alimentation » la démarche décrite dans le paragraphe suivant *méthodique pour la réalisation des objectifs* sera appliquée afin de réaliser l'objectif mentionné. En vue des documents d'appel d'offres, les objectifs partiels de la réalisation du projet sont esquissés brièvement dans le sous-chapitre suivant.



3.2 Objectifs partiels de la réalisation

La sectorisation, optimisation du réseau et du fonctionnement ([1], Annexe a, page 1, § 2)

La séparation des différentes parties du réseau représente une condition indispensable pour assurer la sécurité de l'alimentation, le fonctionnement sûr du réseau et le contrôle des pertes. Une séparation hydraulique du système de refoulement et des réseaux de distribution sera à réaliser. Le système de refoulement se divise lui-même en deux parties : Les conduites amenant l'eau des ressources d'eau jusqu'aux stations de traitement d'eau (système d'adduction) et celles amenant l'eau des stations de traitement aux réservoirs des différentes zones d'alimentation (système de distribution primaire). Les zones d'alimentation (système de distribution secondaire) seront au mieux alimentées de manière gravitaire à partir des réservoirs.

Elaboration de modèles mathématiques du système d'alimentation en eau ([1], Annexe a, page 3, paragraphe 6)

A cause de la complexité du système total existant il est nécessaire d'élaborer un modèle de simulation mathématique afin de pouvoir planifier les mesures nécessaires dans le cadre du projet et de pouvoir accompagner de façon permanente les différentes étapes du projet. Ce modèle mathématique devra comprendre et le système de refoulement et les réseaux de distribution des villes et communes (voir chapitre *Elaboration de modèles mathématiques*).

Des modèles mathématiques de systèmes d'alimentation en eau sont employés entre autres lors de la simulation des systèmes. Les calculs de simulation permettent de représenter l'état hydraulique du système en fonction de différentes conditions aux limites. Il est possible d'effectuer des calculs de simulation de façon stationnaire ou bien de façon dynamique. C'est-à-dire qu'il est possible de représenter un certain état du réseau ou bien un laps de temps. Les hauteurs de charge, débits, vitesses d'écoulement sont déterminés, ainsi que les courbes de remplissage des réservoirs, les variations au niveau de la pression, au niveau de concentrations en certaines matières et la répartition de celles-ci dans le réseau. Il est possible de déterminer des zones de stagnation, de pression et d'alimentation. Les pompes et armatures de contrôle existantes (vannes stabilisatrice aval, vannes stabilisatrice amont, vannes régulatrice de débit, vannes diaphragme, clapets anti-retour, etc.) peuvent être prises en compte.

La simulation sert en règle générale à l'analyse des défauts du réseau, à la détermination des conséquences hydrauliques d'un agrandissement du réseau, du regroupement de plusieurs réseaux ou de l'insertion de certains éléments techniques tels que des pompes, vannes ou réservoirs. La conception et l'exploitation de programmes de mesure peuvent se faire de manière ciblée ou la recherche de fuites peut être soutenue par un programme de mesure. De plus il est possible d'effectuer des calculs de qualité à l'aide de modèles mathématiques. Cela veut dire que la répartition, le mélange, le temps d'arrêt et la concentration d'eaux de différente qualité dans le système est calculé. Il est donc possible de répondre à des questions d'hygiène et de la qualité d'eau ainsi que le mélange d'eaux de différentes sources en vue de la corrosivité.

A l'aide de calculs de simulation des états du système d'un réseau existant ou bien se trouvant en voie de planification peuvent être calculés. Ainsi des questions peuvent être analysées avant d'investir du temps, de l'argent et du matériel dans un projet réel. Le planificateur de nouveaux réseaux ou d'élargissements du réseau possède un outil lui facilitant la prise de décisions lorsqu'il utilise un modèle mathématique. Grâce à celui-ci il peut retracer différents scénarios et cas de charge ou effectuer des analyses de sensibilité sur ordinateur avec peu d'efforts. En tant qu'instrument de planification, un modèle mathématique garantit l'efficacité au niveau du coût, la sécurité d'alimentation, la garantie de qualité et une ébauche durable.

Surtout en ce qui concerne la planification de scénarios de transition entre l'alimentation intermittente et l'alimentation continue il y a souvent besoin de se baser sur des calculs à l'aide de modèles. Des changements au niveau du comportement hydraulique du système d'adduction résultent forcément de la mise



en service de l'usine de dessalement et du barrage Bougous dans le cadre du projet. L'emploi de calculs basés sur des modèles hydrauliques soutient dans ce cas la planification, la détermination de la nécessité de mesures de restructuration et un fonctionnement efficace.

L'emploi de modèles mathématiques n'est pas seulement important lors de la planification de systèmes d'alimentation en eau, mais il est aussi indispensable lors de leur fonctionnement. Des changements au niveau de la commande peuvent être simulés et vérifiés avant la mise en œuvre. Il est possible de restructurer à court terme des parties du réseau, par exemple dans le cas de travaux de réparation. Des fuites peuvent être détectées en calculant un état de consigne. Des scénarios à appliquer en situation d'urgence peuvent être simulés et des contre-mesures peuvent être déterminées.

De plus le modèle de simulation sera utilisé afin de former le personnel qualifié de l'ADE. Il leur sera remis et pourra être utilisé pour des futures tâches de planification et la commande du système.

Détection de fuites et réduction des pertes ([1], Annexe a, page 1, paragraphe 2.2)

Actuellement la production d'eau correspond à peu près à la demande totale des Wilaya Annaba et El-Tarf. L'alimentation de l'ensemble de la population n'est pas assurée jusqu'à la mise en service de l'usine de dessalement et du barrage Bougous à cause des pertes importantes au sein du réseau de conduites, des demandes additionnelles trop importantes dues au stockage intermédiaire dans les réservoirs domestiques et à cause de la croissance de la population. Une réduction des pertes est donc à viser pour augmenter rapidement la sécurité d'alimentation et pour arriver à l'objectif principal : L'alimentation continue (voir paragraphe *Vue d'ensemble de la situation d'alimentation*)

De plus la minimisation des fuites dans le réseau d'alimentation est indispensable pour des raisons d'hygiène. Le danger de pollution de l'eau potable dû à l'entrée d'eaux sales peut quasiment être éliminé lorsqu'il y a une alimentation sur 24 heures et une pression suffisante dans les conduites. En vue de la rentabilité et de l'efficacité de l'alimentation en eau, une réduction des pertes et ainsi une réduction de la quantité de production d'eau engendre un effort financier moins important à fournir au niveau du traitement de l'eau, du transport et du coût énergétique.

Formation (sur le tas) ([1], Annexe a, page 3, paragraphe 4)

A côté des tâches de planification, le personnel qualifié de l'ADE recevra des formations. La réalisation de cette formation est surtout prévue comme formation sur le tas. Il faudra traiter des tâches de planification et élaborer ainsi qu'appliquer des modèles mathématiques permettant le calcul hydraulique des réseaux de distribution. En fonction du besoin individuel il y aura également la possibilité d'effectuer des formations théoriques afin d'agrandir également les connaissances de base.

4 Méthodique de la réalisation des objectifs

4.1 Aperçu

D'après le côté de planification, la procédure suivante sera à appliquer afin de réaliser l'objectif H24. Elle est divisée selon les trois phases du projet. La phase 'C' n'est pas comprise dans l'offre financier.

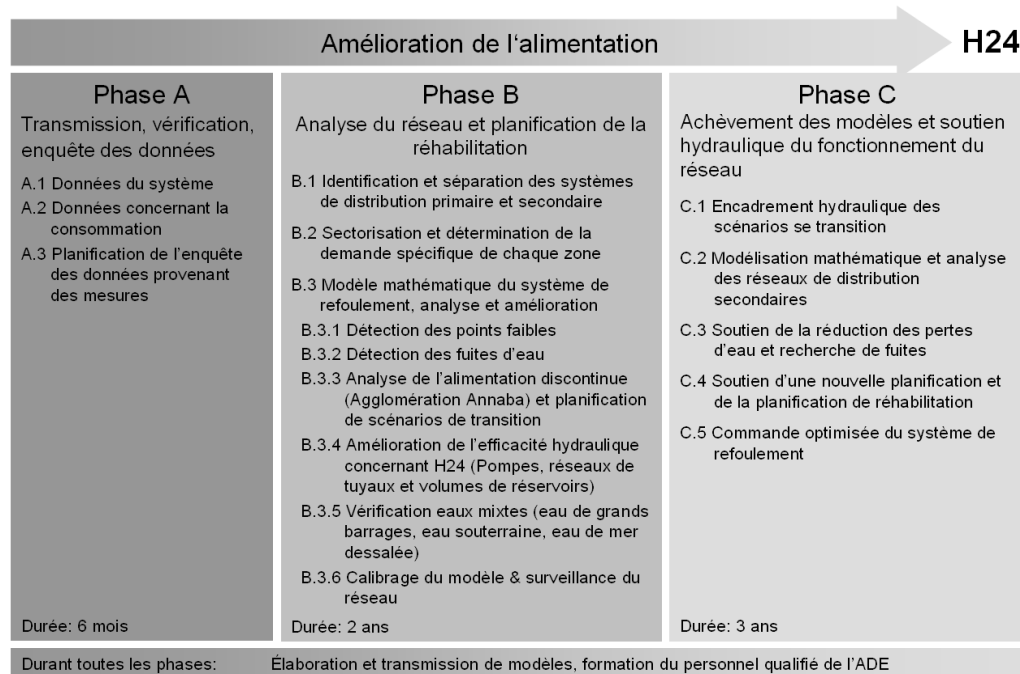


Figure 2: Méthodique et réalisation des objectifs

4.2 Collecte des données (Phase A)

4.2.1 Données du système - SIG (A.1)

La collecte des données contient tout d'abord la vue ainsi que l'intégration de toutes les données ayant été soulevé dans le cadre de l'étude du bureau *BGA Bonnard & Gardel Ingénieurs*. D'après des données de la DHW d'Annaba il y a déjà un SIG qui a été établi pour les quatre communes les plus peuplées de la Wilaya Annaba. Pour cela le logiciel ArcGIS d'ESRI a été utilisé. Es wird vorausgesetzt, dass für die Erbringung der angebotenen Leistungen ein Projektcomputer mit der Software ArcGIS 9.1 vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt wird. Sämtliche zur mathematischen Modellierung erhobenen Daten werden in das auf diesem Rechner installierte GIS übernommen und aktualisiert. Nach Projektende werden das erstellte GIS-Datenmodell sowie das hydraulische Simulationsmodell der DHW übergeben. A côté du matériel de planification concernant les conduites déjà posées, les armatures de contrôle, les stations de pompage, les réservoirs de stockage, les stations de traitement d'eau, il y a des informations sur la densité de la population dans les différentes zones ainsi que des données sur les grands consommateurs. Ces données sont importantes pour l'étalonnage du modèle de calcul. Pour pouvoir faire des conclusions exactes concernant la répartition de la pression dans le réseau il faut de plus un modèle numérique du réseau. Lors du lancement du projet il faudra coordonner avec le bureau d'études BGA la façon de pro-



céder pour la collecte des données manquantes concernant les autres communes des Wilayas Annaba et El-Tarf.

La collecte des données du réseau manquantes se fait en coopération avec un bureau d'études algérien par ordre de Gelsenwasser. Tout d'abord il faudra enregistrer toutes les composantes du système d'adduction et les entrer dans le SIG. A côté de la position géographique, de la qualité et des dimensions du réseau de conduites et des réservoirs de stockage, la position et les propriétés des armatures de contrôle existantes sont importantes pour le calcul du réseau ultérieur.

Pour garantir la véracité des données prélevées en vue du calcul du réseau suivant, une cuvette spécialisée du SIG est mise à disposition. Celle-ci assure la compatibilité des données du réseau provenant du SIG et du modèle de simulation et d'analyses hydrauliques. L'architecture du programme permet l'accès direct à la source des données SIG (banque de données géographiques). Ainsi l'emploi d'interfaces supplémentaires et donc de sources d'erreurs potentielles peut être exclu. La banque de données géographiques comme noyau de la modélisation du réseau peut être chargée et modifiée et dans le modèle d'analyses hydrauliques et dans l'application SIG. Le personnel qualifié algérien sera formé dans l'application du masque d'entrée standard afin de leur permettre d'effectuer des actualisations ultérieures par eux-mêmes.

Le prélèvement et le soin de l'ensemble des données SIG seront continués durant tout le projet. Des actualisations, qui seront nécessaires à cause de mesures de construction ou de restructurations imminentes ou se trouvant en voie de planification seront documentés le plus rapidement possible dans le SIG. Grâce à leur compatibilité elles pourront être utilisées pour des calculs du réseau actualisés.

4.2.2 Données de consommation (A.2)

A côté des différents modules de contrôle de la topologie et de plausibilité, la cuvette spécialisée du SIG contient l'application permettant la détermination de la demande automatisée. Celle-ci est utilisée lorsqu'il n'est pas possible de se baser sur des valeurs prélevées sur des compteurs. Faisant référence aux zones ayant une densité de la population fixe (elle sera à déterminer auparavant), les habitants sont attribués aux nœuds de demande du modèle du réseau d'après la méthode de Thiessen. Cela veut dire que la demande à chaque nœud sera proportionnelle à la surface. L'utilisation d'applications SIG spécialisées amène d'une part à une exactitude plus importante lors de la détermination des valeurs de demande, d'autre part elle permet une augmentation de l'efficacité lors du traitement des données. Lors du développement futur du projet, les valeurs de demande ainsi déterminées seront comparées aux valeurs lues sur les compteurs des maisons nouvellement installés. Le modèle du réseau sera modifié en fonction de ces valeurs (ce qui permettra une exactitude du modèle encore plus importante). En même temps, la comparaison permet également de vérifier le bon fonctionnement des compteurs. Da die die Modellierung der Netze im Bereich der distribution sekundäre nicht Bestandteil des Angebots ist, werden zur Modellierung du système d'adduction et du système de la distribution primaire in den beiden ersten Projektphasen die Gesamtverbräuche der einzelnen den Behältern zugeordneten Zonen über representative Zonenverbrauchsknoten modelliert.

4.2.3 Prélèvements de données de mesure actuels (A.3)

Pour surveiller le réseau et localiser les pertes, des débitmètres (IDM) seront à installer au niveau des réservoirs. D'après l'appel d'offres et des informations fournies par l'ADE (unités Annaba et El-Tarf) il faudra considérer environ 200 réservoirs (y compris les réservoirs se trouvant en voie de construction). De plus, l'installation de quelques manomètres supplémentaires sera nécessaire, surtout au sein du système d'adduction. Une localisation détaillée se fait au début du projet. Les données de mesure déterminées seront transmises par télétransmission à une station de surveillance centrale du réseau (par exemple celle installée à l'ADE, unité Annaba) où elles seront également sauvegardées. Ensemble avec le modèle de simulation il est possible de reconnaître des points faibles dans le fonctionnement du réseau ou de trouver de grandes fuites, grâce au contrôle continu et sa comparaison avec les calculs de simulation.



4.3 Analyse du réseau et planification de la réhabilitation (Phase B)

4.3.1 Identification et séparation du système de distribution primaire et secondaire (B.1)

Comme première étape d'amélioration de la structure du réseau, le système de refoulement est à séparer clairement du système de distribution. On différencie trois parties du réseau : Système d'adduction et systèmes de distribution primaire et secondaire. Le système d'adduction comprend la conduite d'adduction entre la source (production d'eau) et la station de traitement d'eau / stockage principal. Le système de distribution primaire contient le système de conduites permettant de répartir l'eau entre les différents réservoirs intermédiaires des zones d'alimentation. A ces réservoirs appartiennent en général des réseaux de distribution secondaires. Celles-ci amènent l'eau des réservoirs intermédiaires jusqu'au consommateur. La responsabilité sur le système d'adduction repose chez les unités des deux Wilayas, car elles partagent les ressources provenant des barrages. Le système de distribution primaire peut être attribué à son unité respective. Pour les systèmes de distribution secondaires la responsabilité repose chez les chefs des secteurs.

Pour assurer le fonctionnement fiable du réseau, il faut séparer clairement les différentes parties du réseau. Il faudra identifier les piquages sur les conduites d'adduction existants et veiller à leur suppression, ainsi qu'à celle des liaisons directes entre différentes parties de conduites. Le logiciel utilisé permet la division du système d'alimentation.

4.3.2 Détermination de zones d'alimentation/de pression – Sectorisation (B.2)

4.3.3 Obwohl die detaillierte hydraulische Analyse du système de distribution secondaire nicht Bestandteil des Angebots ist, Et pour assurer une alimentation continue (H24) et pour réduire et surveiller les pertes, une détermination de différentes zones de pression et d'alimentation au sein du système de distribution secondaire est indispensable. Dazu ist die Kenntnis von Lage, Durchmesser, Material und Zustand der Rohrleitungen und möglicher Zonentrennschieber erforderlich. Cela est surtout le cas pour l'agglomération d'Annaba (Annaba, El-Bouni, El-Hadjar, Sidi-Amar). Alle vorhanden Netzdaten einschließlich système de la distribution secondaire werden ins GIS übernommen und bei Restrukturierung und Neugliederung der Versorgungszonen berücksichtigt. Le système de distribution secondaire est divisé en zones différentes d'alimentation en se basant sur la position topographique et le volume de stockage connu des réservoirs existants. En même temps il faut tenir compte de la demande administrative et industrielle. Celles-ci seront ajoutées à la population consommatrice et ainsi attribuées aux différents réservoirs. Dans ce cas il faut également tenir compte de l'altitude topographique des réservoirs et des consommateurs. Les pressions maximales et minimales devront se trouver entre les valeurs minimale et maximale imposées (entre 20m et 60m). Suite à cette attribution, il est possible d'arriver à une première diminution des pertes dépendantes de la pression (au niveau des fuites) sans entreprendre de grands efforts de construction. Les quantités de consommation des zones peuvent être déterminées grâce à la densité de la population. Elles peuvent servir comme quantités à fournir par les réservoirs lors du calcul du système de distribution primaire.

Formatiert: Nummerierung und Aufzählungszeichen

Gelöscht:

Gelöscht: ¶

Analyse du système hydraulique – Système d'adduction (B.3)

4.3.3.1 Détermination de points faibles au sein du système d'adduction (B.3.1)

Pour soutenir de façon optimale le progrès au sein du réseau, un modèle de simulation du système d'adduction capable de fonctionner va être installé très rapidement (début phase II). Celui-ci contiendra les composants essentiels du réseau, comme des stations de pompage, réservoirs ou conduites d'adduction. Ce premier modèle du réseau permet d'avoir un aperçu de la structure de la distribution et il facilite la séparation de zones d'alimentation et de consommation ([1], Annexe a, page 1, § 2) ainsi que la localisation de points de mesure appropriés dans le réseau ([1], Annexe a, page 1, § 2.1). Quelques



premiers calculs de simulation du système d'adduction, soutenus par des mesures de courbes de remplissage des réservoirs et des informations fournies par le personnel local et provenant d'études plus anciennes peuvent servir d'indicateurs lors de la détection de points faibles dans le réseau. Ensuite, les zones de distribution seront étudiées de façon plus détaillée et le modèle digital sera élargi.

4.3.3.2 Détection de fuites et mesures (B.3.2)

La séparation du réseau d'alimentation en zones de distribution facilite la détection de fuites. Afin de les localiser précisément une démarche en deux étapes semble la plus appropriée. Premièrement il faut séparer brièvement le réseau en zones de perte pour ensuite avancer à la localisation précise. Ainsi il est possible d'attribuer les quantités de refoulement clairement aux zones d'alimentation et en comparant ces valeurs aux valeurs de demande probables déterminer différentes zones de perte. Leur évaluation permet l'établissement d'une liste de priorités sur laquelle figureront les mesures de réhabilitation à effectuer ensuite. L'application de modèles mathématiques soutient la recherche de fuites et le choix de points de mesures dans le système grâce à différents algorithmes.

Après la mise en place des zones d'alimentation, et son attribution claire aux réservoirs (sectorisation), la détermination de valeur de consommation et l'installation des compteurs de consommation, un programme de recherche de fuites sera établi pour assurer un fonctionnement durable. Le programme de recherche de fuite se base sur un établissement du bilan des quantités nourries et des valeurs de consommation (norme au niveau international de Water Association IWA). Les pertes d'eau vraies (pertes de conduite dans le réseau de distribution, pertes au réservoir et aux branchements d'abonné) ressortent de la différence de la quantité nourrie dans la zone et de la consommation d'eau plus les pertes apparentes (consommation d'eau illégale et inexactitudes de mesure). Les débitmètres nécessaires à la détermination des quantités nourries doivent être installés (A.3).

$$Q_{\text{pertes}} = Q_{\text{input}} - (Q_{\text{cons}} + Q_{\text{app}})$$

Q_{pertes} : pertes d'eau vraies

= Pertes de conduite + pertes du réservoir + pertes de branchements d'abonné

Q_{input} : quantité d'alimentation (valeur mesurée)

Q_{cons} : quantité consommée (lectures du compteur)

Q_{app} : pertes apparentes

= Consommation illégale + erreurs de mesure

[Die Verlustdedektion im Rahmen des Angebots bezieht sich auf das système d'adduction et système de distribution primaire.](#)

4.3.3.3 Analyse de l'alimentation discontinue actuelle, planification de scénarios de transition (B.3.3)

Pour planifier les scénarios de transition il est nécessaire de connaître et d'analyser les caractéristiques de l'alimentation discontinue actuelle. Pour assurer le fonctionnement durant les mesures de restructuration, il y aura différentes zones d'alimentation qui seront alimentées de façon continue, tandis que d'autres le seront de façon discontinue. Pour garantir un déroulement sans difficultés, des calculs de modèle en vérifiant le remplissage des réservoirs et le taux d'utilisation entre autres sont nécessaires.

4.3.3.4 Amélioration de l'efficacité hydraulique en vue d'H24 (B.3.4)

En employant des calculs de simulation, le volume des réservoirs existant, la capacité des conduites d'adduction et des stations de pompage sont vérifiés en vue d'une alimentation continue. Des points fai-

Gelöscht: de



bles (par exemple un volume de réservoir trop petit de certains réservoirs, un dimensionnement trop petit de certaines conduites ou stations de pompage) sont déterminés et des solutions possibles proposées. Les réservoirs doivent être dimensionnés de façon à ce qu'il y ait assez de volume de stockage pour la demande journalière entière de la zone. Grâce à des calculs de simulation dynamiques, des courbes de remplissage des réservoirs sont simulées et des modifications au niveau de la séparation des zones d'alimentation peuvent être décidées. L'attribution de zones d'alimentation est un procédé itératif, car le changement successif entre des calculs de simulation et des adaptations du modèle amène finalement à une structuration claire de l'alimentation des agglomérations. Les volumes des réservoirs des communes plutôt rurales ainsi que la capacité des conduites d'adduction sont également vérifiés. Leur séparation en zones d'alimentation est surtout donnée à cause de leur écart géographique.

4.3.3.5 Vérification du mélange possible d'eau provenant des barrages, d'eau souterraine et d'eau dessalée (B.3.5)

Il est à vérifier si les eaux provenant de différentes sources peuvent être mélangées avec des proportions quelconques en vue de la corrosivité de l'eau mélangée en résultant. Des restrictions, qui en résulteraient éventuellement seront à respecter. Cette vérification se fait d'après les règles allemandes généralement reconnues ou d'après une norme à fixer par le donneur d'ordre.

4.3.3.6 Calibration du modèle et surveillance du modèle (B.3.6)

Le processus de la détermination de pertes est directement lié à la calibration du modèle de simulation. Des indications permettant de reconnaître des différences possibles au niveau des paramètres, peuvent en plus d'un écart au niveau des valeurs de demande également indiquer des raccords, diamètres, rugosités, positions de vannes ou altitudes du terrain différent du plan. En utilisant des quantités et mesures de pression, dont les données sont contrôlées de façon continue grâce à un système de surveillance du réseau, il est possible de surveiller à tout instant les paramètres du modèle. La calibration du modèle est un processus itératif se déroulant sur toute la durée du projet. [Das Angebot beinhaltet die Kalibrierung der mathematischen Modelle des Systems d'adduction et du système de distribution primaire.](#)

4.4 Modèles mathématiques

Les modèles mathématiques et résultats de calculs sont créés sous le format du modèle de simulation hydraulique EPANET de l'U.S. Environmental Protection Agency. Les formations seront également effectuées dans l'utilisation d'EPANET.

EPANET est le modèle mathématique permettant la simulation stationnaire et dynamique de systèmes d'alimentation en eau le plus répandu au niveau international. A l'heure il représente la référence technique dans ce domaine. EPANET est développé par l'Institut U.S. Environmental Protection Agency, appartenant au gouvernement américain. Il est disponible sans licence (<http://www.epa.gov/nrmrl/wswrd/epanet.html>). Le code du programme est également disponible à tout le monde (open-source). Il permet des modifications et élargissements au niveau du programme. De plus il y a un manuel d'utilisateur très détaillé sur EPANET, qui est disponible en langue française sur internet.

Presque tous les modèles mathématiques disponibles sur le marché possèdent une interface vers EPANET. Il est possible d'approfondir la formation en ce qui concerne le travail avec les modèles de l'Université de Karlsruhe ou même d'autres modèles.

L'Université de Karlsruhe (TH) peut également utiliser le logiciel KANET, qui a été développé par les ingénieurs de l'IWG comme instrument de planification. Le logiciel KANET est basé sur la décomposition du graphe du réseau et propose ainsi la possibilité de faire des simulations pour des parties du réseau simplifiées et pour différents cas de demande. Lors de ce procédé, les résultats ne perdent pas en précision comparé à une simulation complète du réseau entier. Des avantages remarquables de la simplification du réseau se montrent dans une meilleure vue d'ensemble. De plus, le temps nécessaire aux calculs

Gelöscht: <#>Accomplissement des modèles et soutien hydraulique du fonctionnement du réseau (Phase C)¶ <#>Encadrement hydraulique des scénarios de transition (C.1)¶

Les scénarios développés en Phase II, permettant le passage à l'alimentation continue sont réalisés lors de la phase III. Les mesures de construction nécessaires doivent être terminées, la suppression de l'alimentation discontinue se fait d'abord dans l'agglomération d'Annaba et son voisinage pour ensuite être appliqué aux Wilayas Annaba et El-Tarf entières. A cause du changement, de plus grandes interventions dans le fonctionnement du réseau vont être nécessaires, pourquoi le changement ne peut se faire que par secteurs. Pour garantir le bon fonctionnement du système, il faut en plus de la planification minutieuse des scénarios de transition, veiller à leur surveillance à l'aide du modèle de simulation hydraulique. Des influences négatives sur tout le réseau d'alimentation des deux Wilayas, causées par le système de refoulement complexe couvrant l'intégralité des deux Wilayas peuvent ainsi être reconnus tôt et des contre-mesures peuvent être développées. Le succès des mesures de restructuration est à vérifier et des causes de différences possibles entre l'état obtenu et le comportement prévu du système (calculs de comparaison hydrauliques et mesures dans le système) sont à déterminer. Pour atteindre l'objectif H24 (alimentation continue), l'analyse de données en temps réel est très importante. Ces données ont été recueillies par les stations de mesure qui sont placées à différents endroits et qui transmettent leurs informations directement au centre de collecte des données. ¶ La réduction des pertes causées par les mesures de construction amène également à un changement définitif au niveau des quantités et hauteurs de pression, autant dans le système d'adduction que dans les systèmes de distribution. Ceux-ci ont besoin d'un contrôle continu à l'aide du modèle mathématique.¶

<#>Modèle mathématique et analyse des réseaux de distribution (C.2)¶

Durant la phase III, il faudra compléter et mettre en service les modèles du réseau hydrauliques du système de distribution secondaire. Tandis que pendant la phase II, pour atteindre rapidement l'objectif H24, le système d'adduction et le ... [1]

Formatiert: Nummerierung und Aufzählungszeichen



peut être raccourci de manière étonnante, ce qui est un facteur important lorsqu'il s'agit de traiter des données en temps réel.

Par exemple il est possible de sélectionner le système d'adduction séparé des réseaux de distribution dans la surface d'utilisateur. Il peut ensuite être simulé. Les valeurs de demande de toutes les zones d'alimentation sont prises en compte de façon cumulée dans ce cas. S'il s'agit par exemple de déterminer la répartition exacte des hauteurs de charge et des débits à l'intérieur d'une zone d'alimentation, celle-ci peut être sélectionnée et simulée sans calculer le réseau entier. Pour cela il est indispensable que le système de refoulement et le système de distribution sont séparés clairement.

Pour la commande du système de refoulement, quelques stations de pompage ainsi que différentes armatures de contrôle sont à prévoir. Elles régleront les hauteurs de charge et débits dans le réseau. Tandis que des modèles de simulation hydrauliques plus anciens ont souvent eu des problèmes lorsqu'il s'agissait d'armatures avec rétroaction dont il fallait tenir compte (PRV; FCV) (problèmes de convergence et mauvais résultats), l'algorithme implémenté dans KANET garantit la convergence sûre des différents calculs (voir description de KANET).

Lorsque des eaux présentant différents paramètres de qualité sont refoulées dans le réseau (par exemple conservateur : dureté, réacteur : chlore), il est possible de simuler et leur mélange et l'évacuation des substances réactives dans le réseau à l'aide du module de qualité de KANET.

Le logiciel utilisé par le mandataire KANET contient des modules permettant la structuration du graphe du réseau correspondant aux derniers standards techniques. Faisant référence aux données ayant été entrées, le graphe du réseau est analysé et divisé en composantes différentes. Celles-ci sont subdivisées en réseaux ramifiés, parties maillées du réseau et ponts (connexions entre deux parties maillées du réseau). Ainsi la disposition des différentes zones d'alimentation principales et secondaires devient transparente pour le modélisateur. La communication entre les composantes du réseau devient claire (voir publication). L'état actuel de la structure du réseau peut être représenté ainsi que les conséquences de restructurations à évaluer.

L'application de la décomposition du graphe du réseau soutient surtout la division du réseau de distribution en sections différentes (voir [1], Annexe a, page 1, § 2) ainsi que le choix d'emplacements pour la mesure de débit ou la mesure de pression. Des emplacements très favorables présentant une quantité d'informations maximale (provenant des mesures) sont déterminés et affichés directement par l'outil d'analyse du graphe du logiciel KANET.

4.5 Transmission du modèle et formation

Formatiert: Nummerierung und Aufzählungszeichen

Les modèles mathématiques permettant le calcul hydraulique des réseaux d'alimentations en eau sont créés dans le format EPANET et transmis entièrement au donneur d'ordres.

La formation du personnel qualifié de l'ADE est prévue surtout comme formation sur le tas. Selon le besoin il y a également la possibilité de proposer une formation théorique permettant l'acquisition de connaissances de base. L'objectif de la formation est d'une part d'apprendre au personnel de l'ADE à utiliser des logiciels permettant de calculer des réseaux de conduites ainsi que des SIG. Lors de la formation il y aura la possibilité de travailler et avec KANET et avec EPANET. L'ensemble des données sera transmis dans le format EPANET ou, si souhaité dans le format KANET. Il est également possible d'exporter les données vers n'importe quel autre format approprié si cela est souhaité par le donneur d'ordres.

5 Horaire

Phase A – Transmission, vérification, enquête des données

- A.1 Données du système
- A.2 Données concernant la consommation
- A.3 Planification de l'enquête des données provenant des mesures



Phase B – Analyse du réseau et planification de la réhabilitation

- B.1 Identification et séparation des systèmes de distribution primaire et secondaire
- B.2 Sectorisation et détermination de la demande spécifique de chaque zone
- B.3 Modèle mathématique du système de refoulement, analyse et amélioration
 - B.3.1 Détection des points faibles
 - B.3.2 Détection des fuites d'eau
 - B.3.3 Analyse de l'alimentation discontinue (Agglomération Annaba) et planification de scénarios de transition
 - B.3.4 Amélioration de l'efficacité hydraulique concernant H24 (Pompes, réseaux de tuyaux et volumes de réservoirs)
 - B.3.5 Vérification eaux mixtes (eau de grands barrages, eau souterraine, eau de mer dessalée)
 - B.3.6 Calibrage du modèle & surveillance du réseau

M.M.Élaboration et transmission de modèles mathématiques

Form. Formation du personnel qualifié de l'ADE

Semestre	1	2	3	4	5
A.1	X	X			
A.2	X	X			
A.3	X	X			
B.1		X			
B.2		X			
B.3		X	X	X	X
Formation.	X	X	X	X	X
	Phase A		Phase B		

Gelöscht: Phase C - Achèvement des modèles et soutien hydraulique du fonctionnement du réseau¶
 C.1 Encadrement hydraulique des scénarios de transition¶
 C.2 Modélisation mathématique et analyse des réseaux de distribution secondaires¶
 C.3 Soutien de la réduction des pertes d'eau et recherche de fuites¶
 C.4 Soutien d'une nouvelle planification et de la planification de réhabilitation¶
 C.5 Commande optimisée du système de refoulement

6 Littérature

- [1] Ministère des Ressources en Eau: "*Dossier d'appel d'offres en vue de la gestion déléguée du service de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement des villes – d'Annaba, Constantine, - Oran*", République Algérienne Démocratique et Populaire, 2006.
- [2] Ministère des Ressources en Eau: "*Annexes – Dossier d'appel d'offres en vue de la gestion déléguée du service de l'approvisionnement en eau potable et de l'assainissement des villes d'Annaba*", République Algérienne Démocratique et Populaire, 2006.
- [3] Groupement BCEOM – BG - SOGREAH: "*Etude d'Actualisation et de Finalisation du Plan National de l'Eau Régions hydrographiques Centre et Est, Rapport de Mission 2, Volet 10 – Demande en eau domestique*", République Algérienne Démocratique et Populaire, Mars 2005.
- [4] Groupement BCEOM – BG - SOGREAH: "*Etude d'Actualisation et de Finalisation du Plan National de l'Eau Régions hydrographiques Centre et Est, Rapport de Mission 2, Volet 11 – Demande en eau industrielle*", République Algérienne Démocratique et Populaire, Mars 2005.



7 Offre financière

Pour travailler les tâches citées, l'engagement des personnes suivantes est prévu:

Phase A: 6 mois: 2 Ingénieurs Diplômés
Phase B: 24 mois: 2 Ingénieurs Diplômés

Les personnes en charge sont:

Dipl.-Ing. Rita Pietschmann:	30 mois à 8000 € par mois:	=	240.000 €
NN:	30 mois à 8000 € par mois:	=	240.000 €
		Σ	480.000 €

Les taux de rémunération des personnes indiquées comprennent déjà les frais des aides scientifiques auxiliaires et les dépenses du matériel du travail qui sera nécessaire à Karlsruhe.

Les frais de voyage, indemnités journalières, libération pour engagement d'étranger et des matériaux de consommation en Algérie ne sont pas contenus et seront additionnel rémunérés de la part du GTZ avec les Taux usuelles.

L'impôt sur le chiffre d'affaires est pris en considération par notre institut dans une hauteur juridique et en plus remboursé du GTZ.

Karlsruhe, 03.08.2007

Franz Nestmann

Accomplissement des modèles et soutien hydraulique du fonctionnement du réseau (Phase C)

Encadrement hydraulique des scénarios de transition (C.1)

Les scénarios développés en Phase II, permettant le passage à l'alimentation continue sont réalisés lors de la phase III. Les mesures de construction nécessaires doivent être terminées, la suppression de l'alimentation discontinue se fait d'abord dans l'agglomération d'Annaba et son voisinage pour ensuite être appliqué aux Wilayas Annaba et El-Tarf entières. A cause du changement, de plus grandes interventions dans le fonctionnement du réseau vont être nécessaires, pourquoi le changement ne peut se faire que par secteurs. Pour garantir le bon fonctionnement du système, il faut en plus de la planification minutieuse des scénarios de transition, veiller à leur surveillance à l'aide du modèle de simulation hydraulique. Des influences négatives sur tout le réseau d'alimentation des deux Wilayas, causées par le système de refoulement complexe couvrant l'intégralité des deux Wilayas peuvent ainsi être reconnus tôt et des contre-mesures peuvent être développées. Le succès des mesures de restructuration est à vérifier et des causes de différences possibles entre l'état obtenu et le comportement prévu du système (calculs de comparaison hydrauliques et mesures dans le système) sont à déterminer. Pour atteindre l'objectif H24 (alimentation continue), l'analyse de données en temps réel est très importante. Ces données ont été recueillies par les stations de mesure qui sont placées à différents endroits et qui transmettent leurs informations directement au centre de collecte des données.

La réduction des pertes causée par les mesures de construction amène également à un changement définitif au niveau des quantités et hauteurs de pression, autant dans le système d'adduction que dans les systèmes de distribution. Ceux-ci ont besoin d'un contrôle continu à l'aide du modèle mathématique.

Modèle mathématique et analyse des réseaux de distribution (C.2)

Durant la phase III, il faudra compléter et mettre en service les modèles du réseau hydrauliques du système de distribution secondaire. Tandis que pendant la phase II, pour atteindre rapidement l'objectif H24, le système d'adduction et le système de distribution primaire de l'agglomération Annaba ont fait l'objectif principal lors de l'établissement d'un modèle de simulation, notamment à cause de leur importance pour toute la situation de l'alimentation, pendant la phase III du projet ce seront tous les réseaux de distribution secondaires de toutes les communes des deux Wilayas qui seront représentés et simulés par un modèle mathématique. L'utilisation des modèles soutien la recherche détaillée de fuites dans le réseau. De plus il est également possible dans ce cas de déterminer des points faibles du réseau (par exemple comme cause d'une hauteur de charge trop petite). Des contre-mesures peuvent être développées.

Les hautes pressions d'alimentation, principalement dans les heures de nuit, peuvent exiger parfois une dépressurisation. Lors d'une grande dépressurisation, une récupération d'énergie économique peut s'avérer profitable. Dans ce cas, l'énergie vue au système par la réduction de pression est utilisée (consommation directe, alimentation de réseau). De plus, la réduction des hauteurs de pression maximales dans les heures de nuit peut être utilisée visant la réduction des pertes de conduite. La pression de conduite maximale va de pair avec les fleuves minimaux, c.-à-d. avec les temps de la plus faible consommation d'eau (la nuit). une diminution des pressions ne lèse pas par conséquent la sécurité d'alimentation. Les hautes pressions dans le réseau de distribution favorisent l'apparition des fuites et sont responsables de la quantité de fuite dans la cas des fuites existantes. la réduction des hauteurs de pression maximales réduit la quantité de perte et le risque de l'apparition de fuite. La réduction est atteinte par l'installation d'un décompresseur programmé dont la présentation et l'emplacement sont déterminés à l'aide d'un modèle mathématique L'éventuelle d'application de cette méthodologie se décide après la sectorisation au moyen des aspects économiques et techniques. Voir aussi pour cela B.2 et B.3.2.

Un exemple réussi et comparable d'une application de compresseurs est celui effectué, dans les usines hydrauliques Maltais WSC (Water service Cooperation) qui fournissent environ 400.000 habitants de Malte en eaux potables [http://www.wsc.com.mt/about_reports.shtml]

Soutien de la réduction des pertes et de la recherche de fuites (C.3)

Pour la localisation des pertes, le modèle mathématique utilisé propose la possibilité de simuler des prélèvements d'eau indépendante de la pression. La demande des foyers présente une courbe caractéristique dépendante des habitudes de consommation des habitants. De même pour les consommateurs industriels qui présentent une courbe caractéristique propre à leur profil de consommation. Comparé à cela, les pertes causées par des fuites sont normalement opposées à ces courbes caractéristiques. Cela veut dire que lorsque la demande est très importante, les pertes de charge dûs au frottement dans le tuyau augmentent, ce qui fait baisser la pression et cause donc moins de pertes au niveau des fuites. Pour des niveaux de demande moins importants et ainsi une pression plus importante, les pertes au niveau de fuites tendent vers leur valeur maximale. En utilisant le modèle mathématique il est possible de simuler ce comportement et ainsi comparer les valeurs de pression mesurées aux hauteurs de charge calculées. Cela permet de localiser de façon précise où se trouvent les pertes dues à des fuites. Les urgences à changer certaines conduites en vue de l'atteinte de l'objectif H24 peut donc être estimée. Les conséquences de l'échange d'une conduite où de sa réparation deviennent plus transparentes et les deux possibilités peuvent être comparées. La simulation réaliste du comportement du réseau dans le cas pertes au niveau de fuites dépendantes de la pression est indispensable pour la fiabilité des résultats obtenus par le modèle de simulation. Elle est tout à fait soutenue par le logiciel utilisé.

Soutien de la nouvelle planification et de la planification de réhabilitation (C.4)

Lorsque durant la durée du projet la nécessité se présente de planifier la pose de nouvelles conduites ou de remplacer des conduites existantes, l'utilisation des modules de mesure, qui font partie du modèle mathématique employé permet la détermination de l'ébauche optimale par rapport au coût. En utilisation des algorithmes d'optimisation formels (voir description du modèle KANET) il est possible d'une part de choisir les diamètres des conduites les plus appropriés par rapport au coût, d'autre part de déterminer l'interprétation des stations de l'augmentation du débit. En appliquant l'optimisation, la fonctionnalité hydraulique du système planifié est garantie en tenant compte des hauteurs de charge minimales dans le cas de charge mesuré d'une part, d'autre part l'étude de la sensibilité concernant différentes variations au niveau des paramètres est possible. L'application de l'optimisation est appropriée non seulement lors de la réhabilitation de conduites déjà existantes, mais aussi lorsqu'il s'agit de planifier la pose de nouvelles conduites.

Planification d'une commande optimale du système de refoulement (C.5)

Après avoir atteint l'objectif d'une alimentation continue et de la réduction des pertes, il est possible d'adapter les quantités d'écoulement dans les conduites de refoulement. De plus à ce moment la mise en service du barrage Bougous et de la station de dessalement est prévue. Ce sera donc un moment approprié pour faire des modifications au niveau du fonctionnement du système de refoulement. L'intégralité du comportement de fonctionnement sera vérifiée en développant des stratégies de commande optimisées en vue de l'efficacité énergétique et du potentiel d'économies (récupération d'énergie). Pour le développement futur il sera important de vérifier le système de refoulement concernant des redondances afin d'augmenter la sécurité de l'alimentation lorsque la conduite du système de refoulement tombe en panne. Il faudra également développer des mesures appropriées à prendre dans ce cas.