
Conception d'un modèle de données pour les réseaux d'eau potable de la SONEDE : validation sur le réseau d'Amilcar

AYARI Khadija¹, CHABAANE LILI Zohra²

1. URME, ENIT, Université de Tunis El Manar, Tunisie
Rue Béchir Salem Belkhiria Campus universitaire, BP 37, 1002, Le Bélvédère, Tunis
khadija.ayari@gmail.com

2. Lr-STE, INAT, Université de Carthage, Tunisie
43, Avenue Charles Nicolle 1082 -Tunis- Mahrajène TUNISIE
zohra.lili.chabaane@gmail.com

RESUME. Pour parvenir à illustrer l'utilité des SIG dans le domaine de l'alimentation en eau potable, nous nous sommes proposés d'élaborer un modèle de données SIG pour les réseaux d'eau potable de la SONEDE. La création de ce modèle est faite à partir de l'analyse des fiches d'informations élaborées par la société pour la collecte des données sur le terrain. Après sa validation par le gestionnaire, le modèle conçu a été utilisé pour l'élaboration d'une base de données géographique du réseau de distribution d'eau potable de l'étage de pression Amilcar. Il a été ainsi testé au niveau de l'élaboration des requêtes et du couplage avec le logiciel EPANET. La simulation du fonctionnement du réseau en question durant la journée du calage a permis de dégager des zones de surpressions. Ceci nous a amené à proposer la mise en place de cinq réducteurs de pression dans les zones à basse altitude où la pression dépasse les six bars.

ABSTRACT. To illustrate the usefulness of GIS in the field of drinking water supply, we proposed to develop a GIS data model for drinking water systems of SONEDE. This model is made from the analysis of the information sheets developed by the company for the collection of field data. After validation by the manager, the conceived model has been used for the development of a geographical database of the drinking water distribution network of Amilcar pressure floor. It was therefore tested at the elaboration of the requests and the coupling with the EPANET software. The simulation of the functioning of the network in question during the calibration day has identified zones of excess pressure. This led us to propose the establishment of five pressure reducers in low-lying areas where the pressure exceeds six bars.

MOTS-CLES : Modèle de données, SIG, base de données géographique, réseau d'eau potable

KEYWORDS: Data model, GIS, spatial database, drinking water network

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes. Proceedings of the Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015.

Extended abstract

The main objective of the present study is to conceive a data model for the networks of drinking water of the national company of exploitation and distribution of water (SONEDE) from the analysis of the data sheets of the various equipments and structures of the company. Indeed, the conception of these data sheets in the objective to collect the maximum of field data, made that several of them contain the same information. This brings risks of partial update and incoherence of data which can cause a bad knowledge and thus a mismanagement of networks. Once validated by the manager, the conceived data model was used for the implementation of a geographical database for the drinking water network of the pressure floor Amilcar 76. This network was chosen by the manager given its importance for the SONEDE. It is indeed considered among the top ten floors of Grand-Tunis. The conceived data model was therefore tested at the elaboration of the requests and the coupling with hydraulic simulation software.

To achieve this study, three key steps were followed:

- The first step is to study in details the data sheets of the various equipments and structures of the SONEDE in order to avoid duplication of data, while keeping the entire information, and to draw out the main data model entities and their attributes. This phase is completed by removing the redundant information, structuring data and developing the data model;

- The second phase involved the establishment of a geographic database for the drinking water system of the floor 76 according to the data model already conceived. Consultation and updating this database will allow operators greater knowledge of the distribution network, and as a result, good management program for the renewal of old pipes and better planning of interventions;

- The third phase was devoted to the coupling of GIS network model of the drinking water system Amilcar with the hydraulic modeling software EPANET. The simulation of the current functioning of the network in question during the calibration day, revealed zones of overpressures. Therefore, the installation of five pressure reducers on the current distribution network was recommended.

1. Introduction

Une adéquate gestion des réseaux d'eau potable nécessite de disposer d'une base de données actualisée où les informations requises sont reliées au même référentiel spatial. Néanmoins, les informations relatives aux réseaux et aux infrastructures d'eau potable de la SONEDE sont généralement disponibles sans concordance d'échelles et sur différents supports avec un classement souvent aléatoire et beaucoup de redondance. De même, l'historique des incidents sur les réseaux (fuites et casses) est généralement tributaire de la mémoire humaine.

L'objectif de la présente étude est donc d'organiser sous forme d'un modèle de données cohérent, les données contenues dans les fiches d'informations élaborées

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes. Proceedings of the Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015.

par la SONEDE pour la collecte sur terrain des données relatives aux équipements et aux ouvrages hydrauliques de la société. Ce modèle doit permettre d'organiser correctement les informations dans une base de données à référence spatiale, ce qui offre aux gestionnaires la possibilité d'avoir les renseignements qui leurs sont nécessaires de la manière la plus adéquate.

De ce fait, une analyse précise des fiches techniques de la SONEDE a été faite pour éviter, tout en gardant la totalité de l'information, la redondance de données. Cette dernière peut constituer en effet, une source d'incohérence et de complexité de mise à jour et donc de perte d'intégrité de la base de données.

En plus d'une introduction et d'une conclusion, cet article comprendra deux parties : la première partie sera consacrée à l'élaboration du modèle de données et la deuxième sera consacrée à la validation du modèle élaboré sur le réseau d'eau potable de l'étage de pression Amilcar.

2. Elaboration du modèle de données

La collecte des données relatives aux différentes composantes des réseaux d'eau potable de la SONEDE (conduites, réservoirs, puits, forage, pompes, vannes...) est faite moyennant des fiches techniques élaborées dans l'objectif de collecter le maximal d'informations sur le terrain (UGPSIG, 2010). L'exploitation des données brutes de terrain, à l'issue de leur archivage, permet d'aboutir à la construction d'un historique des réseaux et de réaliser des statistiques générales permettant d'élaborer les indicateurs de performance et d'apporter les arguments techniques au programme d'intervention de la société. Toutefois, la redondance des données au niveau des fiches utilisées peut créer une incohérence de l'information à cause de la multitude des supports et du risque de mise à jour partielle.

Le SIG, par ses performances techniques, ses fonctions graphiques et cartographiques et ses fonctions de stockage et d'analyse des données, semble être la meilleure solution pour la bonne gestion des réseaux d'eau potable et leur entretien. En effet, un programme de renouvellement de tronçons de conduites, par exemple, peut être édité sur la base de requêtes croisées sur le nombre de fuites et le nombre de casse par tronçon, l'année de pose et les matériaux constitutifs des conduites. Pour insister, trois centres de recherche français sont activement employés depuis plusieurs années à développer des modèles permettant d'optimiser la décision dans le domaine de la gestion de l'eau potable et en particulier le renouvellement des conduites. Ces centres sont le CEMAGREF, l'ENGEES et l'INSA de Lyon (Berland et Juery, 2002). Ils travaillent sur trois axes de recherche principaux visant à élaborer des méthodes et des outils dédiés à l'estimation des performances des équipements et de leur état. Ces axes sont : (i) la modélisation du fonctionnement quantitatif et qualitatif des réseaux d'eau potable à travers le recours à des modèles hydrauliques ; (ii) l'étude du vieillissement des conduites et l'élaboration de

méthodes de prévision des casses et des fuites en fonction de la nature et de milieu environnant de la canalisation; et (iii) la gestion optimale de la demande.

La SONEDE doit donc avoir recours au SIG afin d'assurer une meilleure connaissance de ses réseaux, lui permettant ainsi de (i) s'adapter aux nouvelles problématiques de l'offre et la demande, (ii) garantir la continuité de l'alimentation en eau potable de plus de deux millions d'abonnés répartis sur tout le territoire tunisien et (iii) répondre aux exigences de plus en plus sévères en matière de qualité de service (exigences techniques (maintenance, réparation, extension...), administratives (abonnés, consommation, contrats...) et économiques (facturations, recouvrements...)).

Par ailleurs, un SIG n'est pas seulement l'outil informatique qui manipule les données, mais il intègre aussi plusieurs composantes (logiciels, matériel, ressources humaines, méthodes et base de données géographique). Cette dernière constitue la composante primordiale du SIG. Son importance réside dans l'archivage de toutes les informations jugées raisonnablement nécessaires pour une meilleure connaissance du réseau. A cet effet, il s'est avéré nécessaire de commencer par structurer et organiser correctement les données présentes dans les fiches d'informations de la SONEDE selon un modèle de données cohérent.

2.1. Analyse des fiches techniques de la SONEDE

La première étape dans la construction d'un modèle conceptuel de données (MCD) consiste à réunir tous les documents représentatifs des données que l'on souhaite modéliser. Partant de ces documents, la phase d'analyse consiste à en extraire les informations élémentaires qui vont constituer la future base de données.

Les documents que nous avons utilisés dans cette phase sont les treize fiches techniques suivantes : Forage; Réservoir ; Station de pompage; Vanne; Réducteur de pression; Obturateur; Ventouse; Vidange; Lutte incendie; Soupape de décharge; Tronçon; Casse et Fuite.

L'analyse de ces fiches a fait apparaître que les mêmes données figurent dans plusieurs fiches. Le tableau 1 donne les principales données redondantes et dans quelles fiches d'informations elles se répètent.

Tableau 1. Les données redondantes et leurs fiches relatives

| Données redondantes | Fiches d'informations relatives |
|--|---|
| Valeurs comptables | Vanne, Vidange, Ventouse, Réservoir, Forage, Station de pompage, Lutte incendie, Soupape de décharge et Réducteur de pression |
| Ballon de régulation | Forage et Station de pompage |
| Type d'énergie, Type contrat STEG, Type de transformateur, Téléphone, Système de télémessure, Système de gardiennage et de | Forage, Réservoir et Station de pompage |

| | |
|--|----------------|
| télésurveillance | |
| Clôture, Titre foncier, Comptage, Réparation, Date de réparation, Survenue sur conduite | Fuite et Casse |

D'autre part, nous avons noté la présence de données inutiles à mentionner dans le MCD. Ces données sont « Coordonnées UTM », « Références planches » et « Références cadran » qui se répètent dans presque toutes les fiches d'informations. En effet, les coordonnées de n'importe quel point seront obtenues automatiquement par le logiciel SIG. De même, chaque équipement et/ou ouvrage pourra être localisé à partir d'une requête élaborée sur la base d'un ou de plusieurs attributs qui lui sont relatifs.

Ainsi, et après discussion avec le gestionnaire, il s'est avéré nécessaire de distinguer entre les incidents qui touchent aux conduites et ceux qui touchent aux équipements, et entre les entités ponctuelles : Forage, Cuve et Equipement de pompage, et les entités polygonales qui représentent leurs sites relatifs.

2.2. Suppression de la redondance d'informations et structuration des données

Afin de structurer les informations contenues dans les fiches d'informations préparées par la SONEDE, en éliminant la redondance sans toutefois perdre des informations, nous avons procédé comme suit :

- Chaque équipement est considéré comme étant une entité ponctuelle représentant un nœud du réseau d'eau potable. Les données propres à chacun de ces équipements sont les attributs de l'entité qui lui est relative. Nous avons dégagé ainsi les sept entités suivantes : Obturateur, Ventouse, Vanne, Soupape de décharge, Lutte incendie, Vidange et Réducteur de pression ;
- L'information redondante Comptage est distinguée en une entité ponctuelle Equipement de comptage, et elle représente aussi un nœud du réseau d'eau potable ;
- Les informations redondantes : Type d'énergie, Type contrat STEG, Type de transformateur, Téléphone, Système de gardiennage et de télé-surveillance, Clôture et Titre foncier sont les attributs de l'entité polygonale Site faisant référence au site de forage, site de station de pompage ou site de réservoir ;
- Forage, Equipement de pompage et Cuve sont trois entités ponctuelles représentant des nœuds du réseau ;
- L'information redondante Ballon de régulation est considérée comme une entité ponctuelle et elle représentera un nœud sur le réseau ;
- Une entité Nœud est créée pour relier l'ensemble des nœuds du réseau (équipements et ouvrages) à l'entité linéaire Tronçon de conduite.
- L'information redondante Réparation peut constituer une entité temporelle à part avec comme attribut Date de réparation. Fuite et Casse sont aussi des entités temporelles faisant référence aux incidents pouvant toucher à un tronçon de conduite.

- Les entités Défaut, Réparation défaut et Entretien sont créées afin de différencier entre les incidents qui touchent à une conduite et ceux qui touchent aux équipements.

- Une couche MNT désignant le modèle numérique de terrain est créée afin de pouvoir en extraire la côte de chaque point du réseau.

- De même, trois entités géographiques polygonales propres à la SONEDE et pouvant servir à la localisation des équipements, des conduites et des sites doivent figurer dans le modèle. Ces entités sont : Tournée¹, Etage de pression² et District³ et sont habituellement définies d'une façon unique par leur code.

2.3. Exemple de traitement d'une fiche d'information

La figure 1 représente un exemple de traitement de la fiche d'information Fuite.

| N° d'inventaire | Survenue sur conduite | Déclaration de la fuite | Réparation de la fuite | Date de déclaration de la fuite | Date de réparation de la fuite | Adresse | Référence planche | Référence cadran |
|-----------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------------|--------------------------------|---------|-------------------|------------------|
| | | | | | | | | |

Figure 1. Représentation simplifiée de la fiche d'information « Fuite »

L'analyse de cette fiche donne les résultats suivants :

- Les données repérées en bleu sont propres à la fiche Fuite. Elles seront donc les attributs propres à l'entité Fuite.

- Les données repérées en vert sont présentes aussi au niveau de la fiche Casse. Pour éviter cette redondance, nous créons une entité Réparation pour laquelle la donnée Date de réparation sera un attribut. Au niveau de cette entité et après discussion avec le gestionnaire, l'ajout de l'attribut Durée de réparation s'est avéré nécessaire aussi. En effet, la connaissance de la durée d'une réparation antérieure permettra d'estimer le temps de coupure d'eau pour les prochaines interventions. L'entité Réparation sera associée à l'entité Fuite par la relation Concerner.

- Les données repérées en rose peuvent être récupérées en créant la relation Survenir entre l'entité Tronçon de conduite et l'entité Fuite.

- Les données repérées en rouge Référence planche et Référence cadran seront supprimées.

1. C'est une délimitation géographique du réseau de distribution qui regroupe un ensemble d'abonnés.

2. C'est une entité territoriale de la SONEDE qui regroupe un ensemble de tournées.

3. Un district est une entité territoriale de la SONEDE qui regroupe un ou plusieurs étages de pression.

2.4. Modèle Conceptuel de Données obtenu

L'analyse de toutes les fiches d'informations précédemment présentées et les longues discussions avec des hydrauliciens de la SONEDE titulaires de diplômes de maîtrise spécialisé en géomatique et gestion des réseaux d'eau potable ont abouti à identifier vingt-six entités, tout en respectant les différentes règles de construction du MCD de type entité - association (Figure 2).

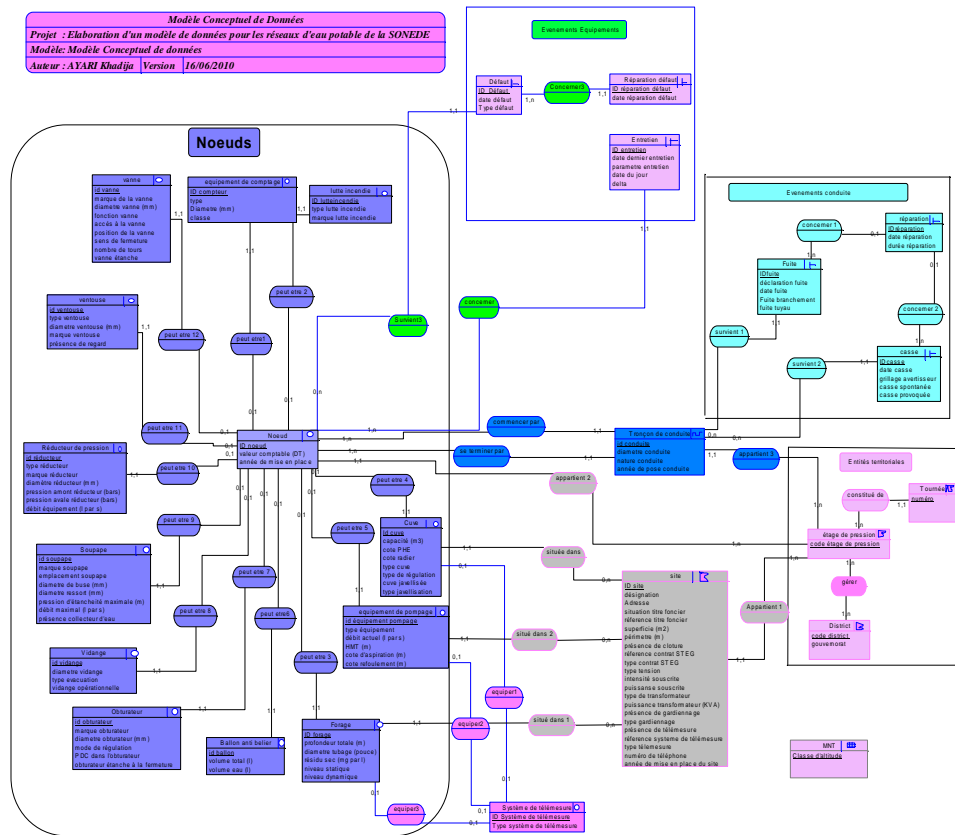


Figure 2. Modèle conceptuel de données pour les réseaux d'eau potable

Une fois le MCD validé, le modèle physique de données (MPD) est automatiquement généré par le logiciel PowerAMC. Les tables fournies par ce MPD sont les mêmes utilisées lors de la saisie et le stockage des données dans la base de données. Il est à noter cependant que de nouveaux attributs dans quelques entités sont apparus suite à la génération du MPD. Nous citons par exemple l'attribut code étage de pression nouvellement apparu au niveau de l'entité Tournée.

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes. Proceedings of the Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015.

3. Validation sur le réseau d'eau potable de l'étage de pression Amilcar

Afin de tester les performances du modèle élaboré, son utilisation sur un cas pratique de réseau d'eau potable s'est avérée nécessaire. Ainsi, le gestionnaire a choisi le réseau de l'étage de pression Amilcar (76) pour tester le modèle au niveau de (i) l'édition des requêtes et (ii) l'interfaçage avec un logiciel de simulation hydraulique.

3.1. Présentation du réseau d'eau potable de l'étage de pression Amilcar (76)

L'étage de pression Amilcar est considéré parmi les dix étages principaux du grand Tunis. Il assure d'une part la desserte de 40371 habitants et d'autre part l'alimentation du réservoir limitrophe Le Phare. Cet étage de pression est situé à 18 km au Nord-Est de Tunis et il est réparti sur les deux délégations : la Marsa et Carthage (Figure 3). Le réseau de distribution de l'étage Amilcar est alimenté à partir de deux réservoirs de 8000 m³ de côte trop-plein 76 m NGT. Ces deux cuves assurent la desserte des abonnés, qui sont au nombre de 8971 abonnés répartis sur 39 tournées délimitant les quartiers de Carthage, Sidi Bou Saïd, Marsa ville, Marsa Sanawbar et Cité El Wifek.

3.2. Elaboration de la base des données

Les principales sources de données utilisées lors de l'élaboration de la base de données spatiale de l'étage de pression Amilcar sont: (i) le plan du réseau de distribution; (ii) la carte topographique de la zone d'étude; (iii) le plan des tournées et (iv) le plan de localisation des gros consommateurs.

Une fois établie, ladite base de données a été exploitée à l'aide du logiciel ArcView. Nous avons donc pu analyser, interroger et afficher les informations stockées et d'en faire des cartes thématiques selon des requêtes proposées par le gestionnaire lui-même. A titre d'exemple, la figure 4 représente une carte thématique des tournées appartenant à l'étage de pression Amilcar légendée selon leur identifiant.

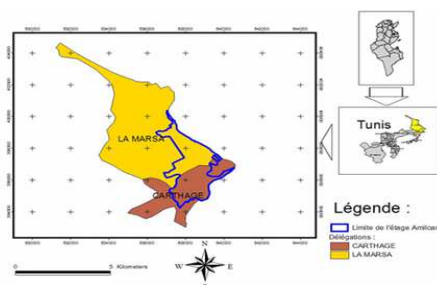


Figure 3. Localisation géographique de la zone d'étude

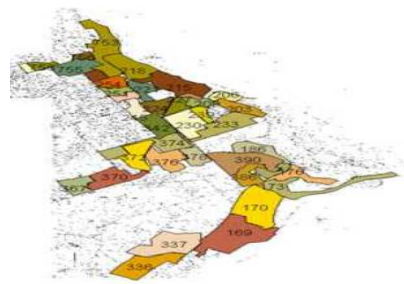


Figure 4. Carte thématique des tournées de l'étage de pression Amilcar

3.3. Couplage ArcView-Epanet

La modélisation hydraulique du réseau d'eau potable de l'étage de pression Amilcar est faite en vue de diagnostiquer son fonctionnement actuel. Pour ce faire, nous avons eu recours au logiciel EPANET et au script de couplage GisRed.

En plus des informations archivées dans la base de données spatiale élaborée pour le réseau en question, nous avons dû utiliser les données suivantes :

- la consommation par tournée et la consommation des gros consommateurs appartenant à l'étage 76 de l'année 2013 pour l'affectation des débits aux nœuds;
- les volumes distribués par le réservoir Amilcar pour l'année 2013 pour le calcul du rendement ;
- les volumes journaliers distribués au cours de l'année 2013 par le réservoir Amilcar pour le calcul du coefficient de pointe journalier.
- les débits horaires distribués par le réservoir Amilcar durant la journée de pointe de l'année 2013, enregistrée le 17 juillet 2013 pour la simulation du réseau.
- la campagne de mesure effectuée le 08 Juin 2014, ainsi que les débits horaires distribués dans le même jour pour le calage du réseau.

3.3.1. Construction du modèle hydraulique

Le modèle hydraulique du réseau d'eau potable de l'étage 76 est généré moyennant GisRed en se basant principalement sur la couche Tronçon de conduite. Les coefficients de rugosité attribués aux différentes conduites sont de type Hazen-Williams CHW, puisque la formule de HW est la formule de perte de charge la plus utilisée pour les réseaux d'eau potable (Ennabli, 2001). Les côtes sont extraites à partir de la couche MNT et affectées automatiquement aux nœuds du réseau. Les consommations moyennes annuelles relevées en 2013, sont par ailleurs réparties en chacun des nœuds du modèle en fonction de la répartition géographique des abonnés au sein de la tournée.

Une fois le modèle du réseau de l'étage 76 préparé à l'aide de GisRed, il est transféré vers le logiciel EPANET sous format d'un fichier .inp.

3.3.2. Simulation dynamique du réseau moyennant EPANET

Le modèle de simulation hydraulique EPANET calcule la pression au niveau des nœuds et le débit dans les tronçons pour un niveau fixé du réservoir et des demandes en eau variables dans le temps et dans l'espace. Le calcul de la charge et du débit en un point particulier dans le temps implique la résolution simultanée de l'équation de conservation de débit pour chacun des nœuds et l'équation de la perte de charge dans chaque conduite du réseau. La simulation dynamique permet de décrire le fonctionnement du réseau durant une période déterminée, tout en tenant compte de la variation de la consommation des abonnés au cours du temps. Cette variation peut définir des pointes de consommation horaire, journalière et même

saisonnière sur la base desquelles on fait le calcul du réseau (Rossman, 2003). Le débit horaire (Qh) d'une heure h est donné donc par la formule 1 ci-dessous :

$$Q_h = Q_m * C_{pj} * C_{ph} / R \quad (1)$$

Avec: Q_m : débit moyen au nœud ; C_{pj} : coefficient de pointe jour, C_{ph} : coefficient de modulation horaire et R : rendement net du réseau. Ce dernier est égal au quotient du volume annuel réellement consommé par le volume annuel mis en distribution *100.

Pour l'année 2013, le rendement net du réseau d'eau potable de l'étage de pression Amilcar était de 92.5 %. Le coefficient C_{pj} désigne le rapport du volume distribué pendant la journée la plus chargée de l'année V_{jmax} par le volume journalier moyen V_{jmoy} , avec V_{jmoy} est le rapport du volume distribué annuel total par 365. Le coefficient C_{pj} du réseau en question pour l'année 2013 était de 1.65. La pointe journalière pour la même année a été enregistrée le 17 Juillet 2013. La modulation horaire de la distribution du réservoir Amilcar calculée durant cette journée est donnée par la figure 5. Les débits horaires aux nœuds, sont alors calculés durant toute la journée heure par heure. La simulation par équilibrage hydraulique en régime dynamique a été par conséquent, basée sur ces valeurs de débit.

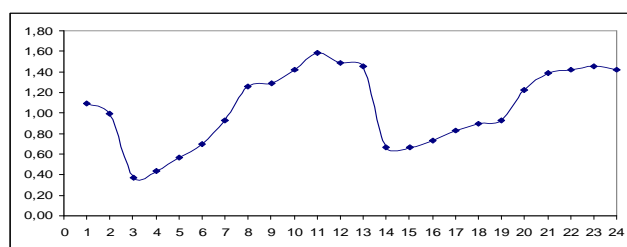


Figure 5. Modulation horaire de la distribution du réservoir Amilcar (17/07/2013)

3.3.3. Calage du modèle

Pour effectuer le calage du modèle du réseau d'eau potable sujet d'étude, nous nous sommes basées sur les mesures de pression réalisées le 08 Juin 2014 au niveau de quatre nœuds éparpillés sur toute l'étendue dudit réseau.

L'analyse des mesures obtenues montre que les valeurs de pression subissent une légère chute entre 10h00 et 16h00, ce qui est dû à l'augmentation de la consommation durant cette période de la journée. Nous notons aussi une légère augmentation des valeurs de pression par rapport à la valeur moyenne entre minuit et 6h du matin. Cette augmentation est expliquée par contre par la diminution de la consommation d'eau pendant cette période de la journée.

Plusieurs simulations à l'aide du logiciel Epanet ont permis de fixer des coefficients de rugosité des conduites permettant d'obtenir des pressions calculées qui suivent le profil des pressions mesurées durant les 24 heures de simulation

Copyright © by the paper's authors. Copying permitted for private and academic purposes. Proceedings of the Spatial Analysis and GEomatics conference, SAGEO 2015.

(Figure 6). Les résultats de calcul de pression sont donc acceptables pour l'ensemble des points de mesure selon la condition de Hauguel, (1991), cité par (Kahlaoui, 2006) et (Manai, 2006) (tolérance de 3m d'écart entre la pression mesurée et la pression calculée acceptable). A titre indicatif, la figure 7 représente la courbe de comparaison entre les pressions mesurées et celles calculées pour le nœud J82.

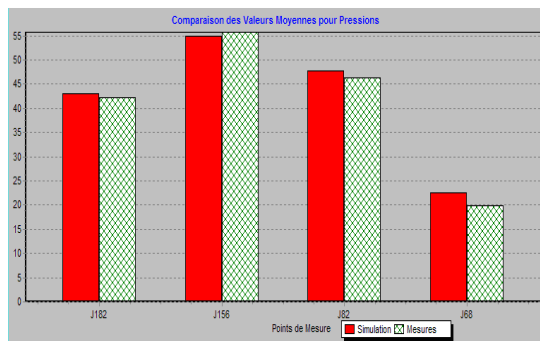


Figure 6. Comparaison des valeurs moyennes des pressions mesurées et simulées

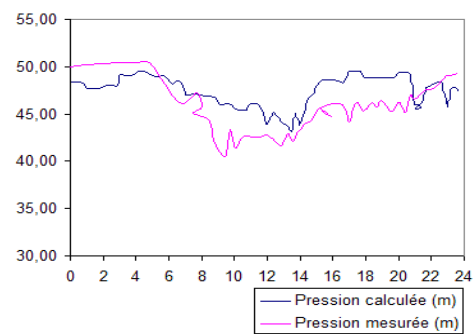


Figure 7. Pressions mesurées et pressions calculées pour le nœud J82

3.4. Analyse du fonctionnement du réseau actuel

L'analyse du fonctionnement du réseau durant la journée de calage en heure de pointe de consommation (11h00) montre que les pressions sont acceptables dans la plupart des cités. La pression moyenne varie de 2 à 5 bars. Les résultats de simulation de la répartition de la pression en heure de pointe (11h00) et en heure creuse (03h00) sont donnés respectivement par les figures 8 et 9.

L'analyse de ces résultats montrent aussi qu'en quelques points les pressions fluctuent autour de 1,75 bars à 1,85 bars ; citons par exemple le cas du nœud J20 situé à l'Est de Carthage (Figure 10). Cependant, ceci ne constitue pas de vrai problème puisque ces valeurs de pression sont très proches de la norme (pression minimale 2 bars). Par ailleurs, de fortes pressions sont observées au niveau des cités de Marsa Ville et plus précisément sur la Rue Zine Ben Achour, sur la côte de Gammarth Supérieure, El WifeK, La Marsa Plage (sur l'Avenue Habib Bourguiba). Ces pressions dépassent les 6 bars. La figure 11 illustre la variation de la pression pour le nœud J151, siège d'une surpression.

L'analyse des vitesses dans le réseau de distribution durant l'heure de pointe (Figure 12) montre cependant que les vitesses sont bien dans les normes puisqu'elles sont comprises entre 0.5 et 1 m/s. La chute de vitesse durant l'heure creuse au-

dessous de 0.01 m/s est tout à fait justifiable par la diminution de la demande aux nœuds.

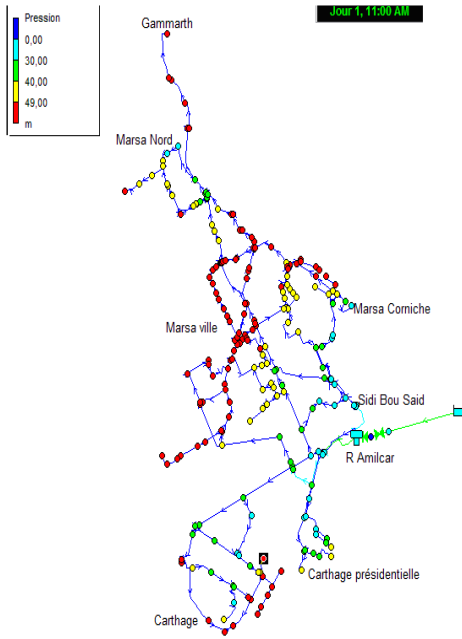


Figure 8. Carte des pressions à 11h00

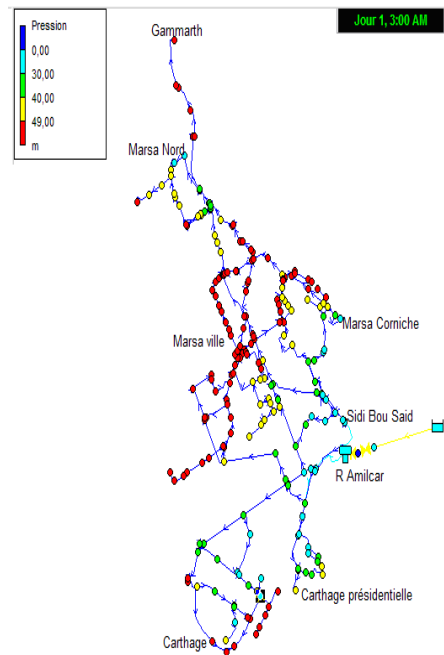


Figure 9. Carte des pressions à 3h00

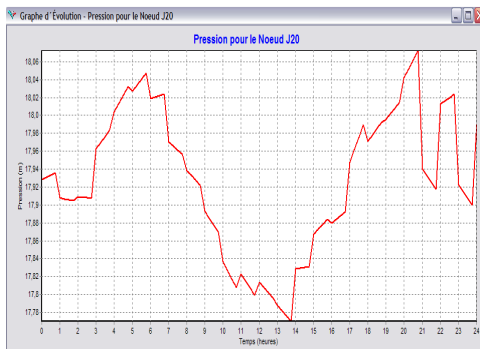


Figure 10. Evolution de la pression au nœud J20 (Journée du 08 juin 2014)

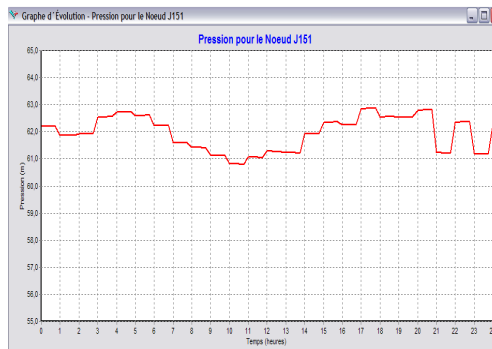


Figure 11. Evolution de la pression au nœud J151 (Journée du 08 Juin 2014)

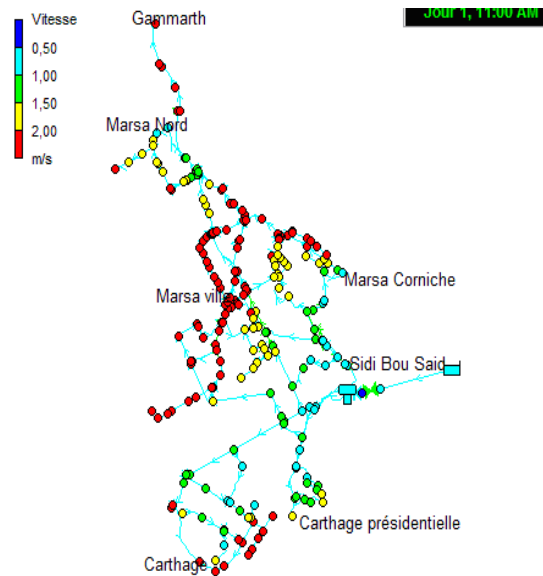


Figure 13. Répartition des vitesses en heure de pointe (11h00)

3.5. Propositions d'amélioration du fonctionnement du réseau

Les zones de surpression apparues lors du diagnostic du fonctionnement du réseau d'eau potable de l'étage de pression 76 peuvent augmenter le risque de casses et de fuites au niveau des zones qui leur sont disposées. Afin de protéger le réseau au niveau ces zones, nous recommandons d'installer des réducteurs de pression aux différents emplacements indiqués sur la figure 14. Ces emplacements ont été retenus suite à plusieurs simulations sur EPANET et après discussion avec le gestionnaire. Les diamètres des réducteurs de pression proposés sont choisis en fonction du diamètre de la canalisation installée (Tableau 2).

Tableau 2 : Réducteurs de pression proposés au niveau du réseau de l'étage 76

| Réducteurs de pression | Conduite (mm) | Pression d'entrée (bar) | Pression souhaitée à la sortie (bar) |
|------------------------|---------------|-------------------------|--------------------------------------|
| RP1 | DN 200 mm | 6,067 | ≤ 4 |
| RP2 | DN 200 mm | 6,125 | ≤ 4 |
| RP3 | DN 150 mm | 6,125 | ≤ 4 |
| RP4 | DN 400 mm | 6,284 | ≤ 4 |
| RP5 | DN 200 mm | 6,272 | ≤ 4 |

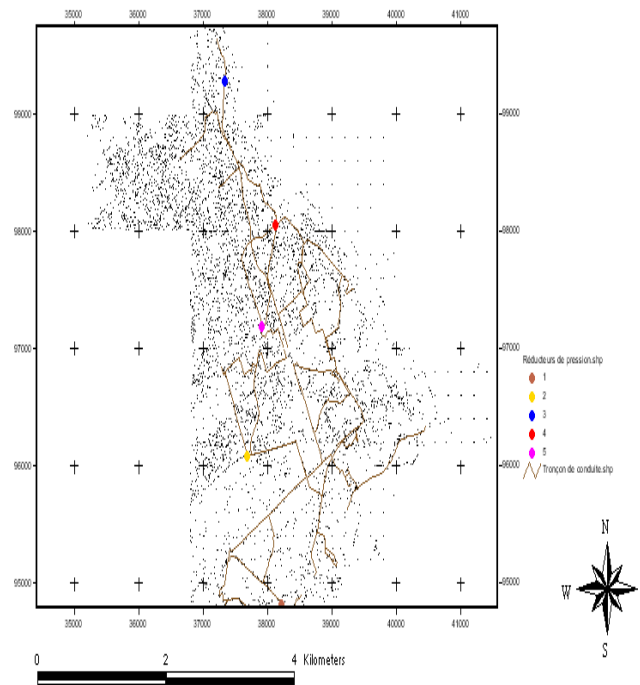


Figure 14. Localisation des réducteurs de pression proposés

4. Conclusion

L'objectif de cette étude est d'élaborer un modèle de données pour les réseaux d'eau potable de la SONEDE en se basant sur les fiches d'informations élaborées par la société pour la collecte sur terrain des données concernant les équipements et les ouvrages hydrauliques. Ainsi, l'analyse précise de ces fiches techniques et les différentes discussions avec des hydrauliciens de la SONEDE titulaires de diplômes de mastère spécialisé en géomatique et gestion des réseaux d'eau potable ont débouché sur la mise en place d'un modèle conceptuel de données jugé satisfaisant pour les besoins des gestionnaires des réseaux d'eau potable de la société.

Le modèle de données conçu et validé a été utilisé pour l'élaboration d'une base de données géographique pour le réseau d'eau potable de l'étage de pression Amilcar (76). Les informations archivées dans la base de données géographique générée à partir du MCD en question ont permis de répondre instantanément aux différentes interrogations et requêtes proposées par le gestionnaire.

Une autre utilisation de la base de données géographique développée était pour le couplage avec le logiciel EPANET et ce afin de diagnostiquer le fonctionnement

actuel du réseau d'eau potable de l'étage de pression Amilcar et de proposer les interventions nécessaires si besoin est. Le diagnostic du fonctionnement dudit réseau a permis de dégager la présence de zones où la pression dépasse les 6 bars. La mise en place des réducteurs de pression dans ces zones à fortes pressions et à faibles altitudes a été donc fortement recommandée.

En conséquence, le modèle de données conçu lors de cette étude est bien fonctionnel sur les deux volets élaboration de requêtes et interfaçage avec EPANET. Ce modèle peut être, néanmoins, amélioré par l'ajout d'autres entités telles que les entités administratives (gouvernorats, délégations, secteurs, communes, arrondissement...) ainsi que d'autres entités hydrauliques qui ont été omises lors de cette étude (brises charge, stations de pompage, stations de dessalement...).

Remerciements

Les auteurs remercient monsieur Imed Ben Lili qui a contribué en sa qualité de directeur de l'Unité de gestion du projet SIG de la SONEDE à l'amélioration et à la validation du modèle de données conçu.

Bibliographie

- Berland J.M., Juery C. (2002). *Structure par âge des systèmes d'alimentation en eau potable et d'assainissement*, Etude réalisée par l'OIEau à l'initiative de la Direction des Etudes Economiques et de l'Evaluation Environnementale (D4E) du Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Paris, France, 120 p.
- Ennabli N. (2001). *Les circuits hydrauliques*. Tunis, 528 p.
- Kahlaoui A. (2006). *Etude de la nouvelle branche de répartition du grand Tunis (cas de l'étage Ariana 63) et application SIG*. Mastère spécialisé en géomatique et gestion des réseaux d'eau potable, Institut National Agronomique de Tunis, Tunisie : 106 p.
- Manai N. (2006). *Optimisation de la chloration et application du SIG dans le réseau de répartition du grand Tunis*. Mastère spécialisé en géomatique et gestion des réseaux d'eau potable, Institut National Agronomique de Tunis, Tunisie : 101 p.
- Rossman L.A. (2003). *EPANET 2.0 Simulation hydraulique et qualité pour les réseaux d'eau sous pression, manuel de l'utilisation*. USA, 222 p.
- UGPSIG (2010). *Fiches d'informations de la SONEDE*.