



**HAL**  
open science

# Diagnostic et maintenance d'un réseau de distribution d'eau potable : Application au réseau principal de BONABERI à Douala Cameroun

Sylvain Mbemmo, Zineb Simeu-Abazi, Thomas Tamo Tatietsse

## ► To cite this version:

Sylvain Mbemmo, Zineb Simeu-Abazi, Thomas Tamo Tatietsse. Diagnostic et maintenance d'un réseau de distribution d'eau potable : Application au réseau principal de BONABERI à Douala Cameroun. 3ème Colloque International Performances et Nouvelles Technologies en Maintenance - PENTOM, Jul 2007, Mons, Belgique. hal-00185502

**HAL Id: hal-00185502**

**<https://hal.science/hal-00185502>**

Submitted on 6 Nov 2007

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

---

# **Diagnostic et maintenance d'un réseau de distribution d'eau potable :**

## ***Application au réseau principal de BONABERI à Douala Cameroun***

**MBEMMO Sylvain, SIMEU-ABAZI Zineb\*,  
TAMO TATIETSE Thomas**

*Université de Douala au Cameroun*

*mbemmo@yahoo.com*

*\*Laboratoire G-SCOP*

*(Grenoble- Sciences pour la Conception, l'Optimisation et la Production)*

*46 avenue Félix Viallet 38031 Grenoble Cedex France*

*zineb.simeu-abazi@g-scop.inpg.fr*

---

*RÉSUMÉ. Dans un réseau de distribution d'eau potable où les problèmes récurrents sont généralement dus aux fuites, la maintenance curative devient inefficace et économiquement non viable. L'implantation d'une maintenance préventive permet de réduire les fuites au niveau des canalisations à travers des interventions en temps réel. Dans cet article, on s'intéresse à la mise en œuvre d'une démarche de diagnostic et de maintenance préventive conditionnelle d'un réseau de distribution d'eau potable. Elle est basée sur le suivi des informations des capteurs donnant les paramètres d'écoulement (pression, débit) Les données enregistrées aux différents points de contrôles sont comparées en permanence avec les données de références (étalon.)*

*Un écart entre ces données indique une anomalie et renseigne sur l'action de maintenance à réaliser. Les données enregistrées avec le positionnement des capteurs constituent le Système d'Information Géographique (SIG) En plus de ses fonctions classiques d'acquisition, de stockage, un algorithme de traitement est intégré dans le SIG. Il permet de diagnostiquer et de localiser la présence des fuites d'eau sur le réseau.*

*Le modèle couplant les paramètres étalons aux données réelles du réseau permettant de diagnostiquer et d'assurer la maintenance, est appliqué au réseau de distribution d'eau de la région de BONABÉRI à Douala au Cameroun.*

*MOTS-CLÉS : diagnostic, maintenance, réseau de distribution d'eau, fuite, SIG (Système d'Information Géographique), étalon.*

## **1. Introduction**

L'accès à l'eau potable est un enjeu important dans le monde. Si un homme peut passer des jours sans électricité et sans nourriture, il est par contre impossible de passer plus d'une journée sans boire. Le volume d'eau potable représente seulement 1/3 du volume total d'eau dans le monde (BANQUE, 2004). D'ici 2025, 300 millions d'africains risquent de vivre dans un environnement où l'eau sera rare avec une population qui risque dépasser le cap du milliard. Actuellement, 25% de la population urbaine en Afrique sont mal approvisionnée en eau. (Morel, 1990) . Pour fournir de l'eau potable et un assainissement adéquat à tous les ménages en Afrique subsaharien, il faudra 47 milliard de dollars (Narendra, 2002). Par endroit, la situation est critique et la menace sur la santé publique, la sécurité alimentaire, le suivi des êtres vivants et de l'environnement est immédiat (Tamo, 2001). Une étude menée sur le réseau de Douala en 2002 nous a permis de voir que la demande en eau dans la région (Douala) croit proportionnellement aux fuites (Mbemmo, 2002). L'état de dégradation des installations par manque de maintenance régulière est préoccupant. D'où l'idée d'assurer une maintenance en temps réel de l'installation (Baron, 1992) et ainsi de diagnostiquer les fuites. Le but est de réduire considérablement les pertes pour satisfaire les demandes en attente et assurer une régularité de distribution d'eau.

Après avoir décrit la structure du réseau à étudier, les techniques de diagnostic en temps réel sont proposées au paragraphe 3. L'algorithme permettant de coupler les paramètres étalons aux données réelles de fonctionnement est présenté dans le paragraphe 4. Cet algorithme permet d'activer la maintenance préventive conditionnelle du réseau. La méthode développée est appliquée au réseau d'eau de Bonabéri (Douala – Cameroun). Les résultats expérimentaux seront présentés au paragraphe 5. Une conclusion avec des perspectives d'extension terminera cet article.

## **2. Structure du réseau étudié**

### ***2.1 Présentation***

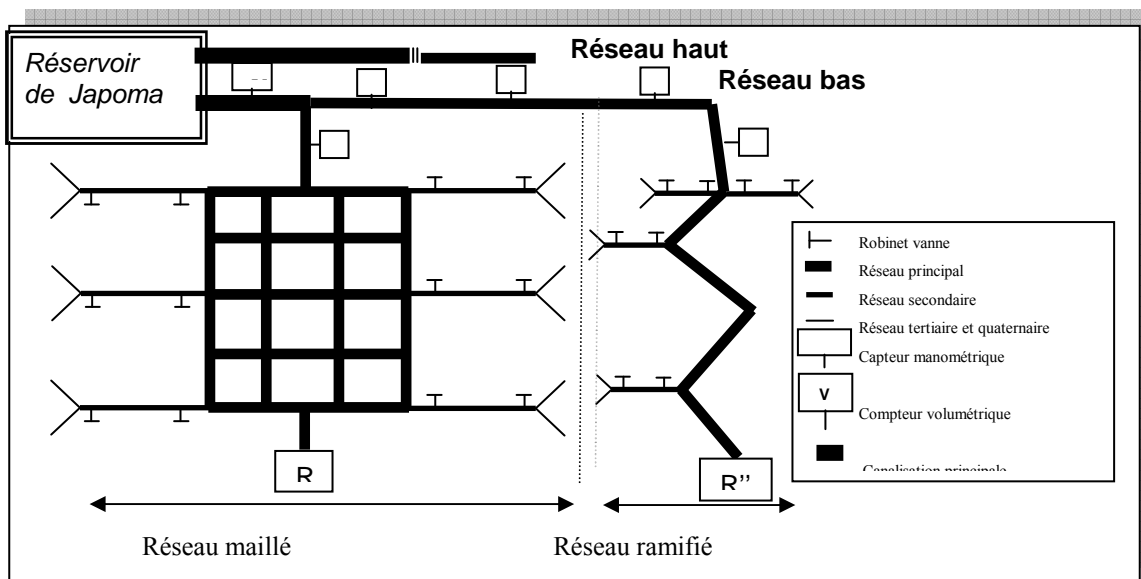
La ville de Douala est alimentée par deux canalisations de 800mm de diamètre captées à la station de traitement de Japoma. La structure du réseau de distribution d'eau est représentée par la figure 1. Le réseau est constitué de deux canalisations : l'une qui constitue le réseau bas, arrose la partie basse de la ville et l'autre qui constitue le réseau haut arrose la partie haute de la ville (Cemm, 95).

Bonabéri est une région basse de Douala. Le réseau d'eau qui arrose la zone est tiré du réseau bas par une canalisation de 350mm de diamètre jusqu'à la traversée du pont. Ensuite, jusqu'à la sortie du pont il y a une canalisation de 300mm, suivie par une reprise de 350mm de diamètre qui se divise en deux branches au niveau de « l'ancienne et la nouvelle route de Bonabéri ». Le long de « la nouvelle route », la variation de diamètre de la canalisation principale va de 350 à 300 mm, alors que sur « l'ancienne route » cette variation va de 200 à 800 mm (voir la carte numérisée de la région en (Mbemmo, 2002).

## Diagnostic et maintenance d'un réseau de distribution d'eau potable

Les composantes du réseau de Bonabéri sont semblables aux réseaux urbains classiques [CE-95]. On y trouve (figure 10):

- des canalisations en fonte et pvc
- des robinets et vannes
- des manographes enregistreurs
- des compteurs volumétriques
- des châteaux et réservoirs d'eaux
- les bouches d'incendies
- les supprimeurs.



**Figure 1 :** Structure du réseau de distribution d'eau à Douala

### 2.2 Problématiques

Le réseau de distribution d'eau dans plusieurs villes africaines date de la période coloniale (Cemm, 99).

Les travaux d'extensions survenus n'ont pas pris en compte certains problèmes générés par ces modifications (Tamo, 2000). On peut citer :

le dimensionnement des structures

le suivi des équipements et la détection des fuites

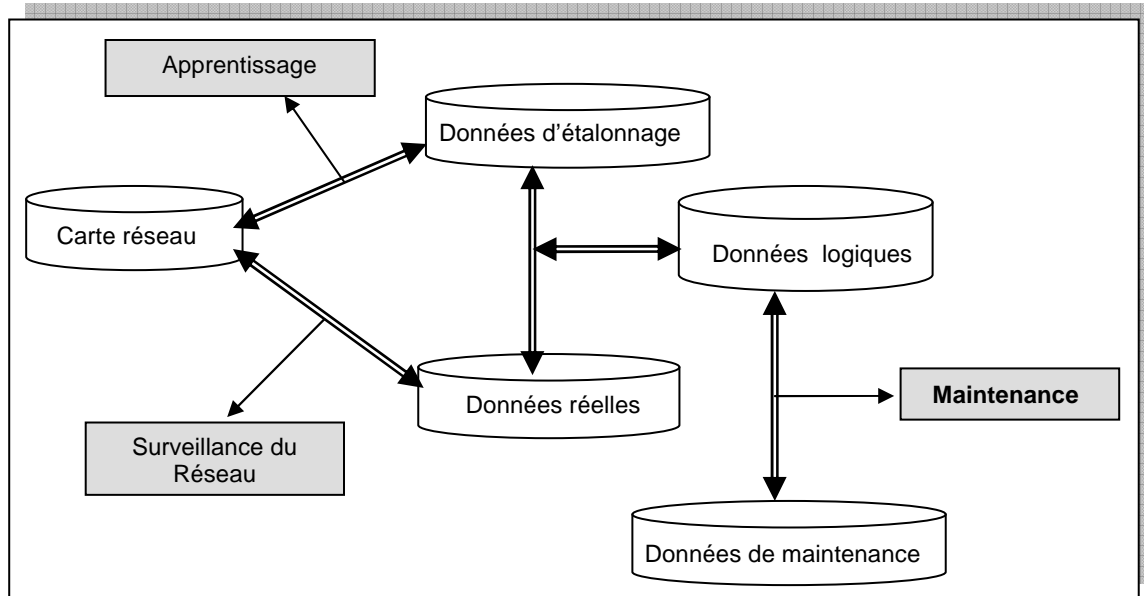
l'usure et le vieillissement de la canalisation

l'adaptation des techniques de maintenance aux dimensions du réseau

D'où la nécessité de mettre sur pied une démarche susceptible de résoudre les problèmes cités. La démarche proposée est basée sur l'analyse de données réelles

enregistrées sur site (apprentissage). Dans ce contexte, les données enregistrées doivent être traitées par un système de gestion composé des quatre fonctions suivantes :

- la fonction apprentissage
- la fonction acquisition
- la fonction traitement
- la fonction aide à la décision de maintenance,
- organisation du système d'information Géographique



**Figure 2 : Architecture générale de gestion du réseau**

### 3. Organisation du système d'information géographique

Le diagnostic et la maintenance préventive conditionnelle d'un réseau de distribution d'eau potable sont basés sur le suivi des informations des capteurs donnant les paramètres d'écoulement. Ces paramètres sont essentiellement le débit et la pression. Des points de contrôle judicieusement positionnés permettent de suivre l'évolution de ces paramètres. Les données enregistrées aux différents points de contrôles sont en permanence comparées avec les données de références préalablement établies. C'est ce qui correspond aux données étalons obtenues en phase d'apprentissage. Un écart entre ses données indique une anomalie et renseigne sur l'action de maintenance à réaliser. Les données enregistrées avec le positionnement des capteurs constituent le Système d'Information Géographique (SIG). Le SIG est un système qui intègre non seulement les fonctions classiques d'acquisition mais aussi, le stockage et l'algorithme de traitement. L'exploitation des données intégrées dans le SIG permet ainsi, de diagnostiquer et de localiser la présence des fuites d'eau sur le réseau. L'objectif est de connaître et matérialiser sur un graphique le comportement du réseau de distribution d'eau en fonction des mouvements de la population et de variation de saison. Pour ce

faire nous nous inspirons sur le principe des réseaux de neurones (Baron, 1992). C'est-à-dire observer et enregistrer les mouvements du réseau pendant une longue période. L'ensemble des variations normales constituera une base de référence appelée « données étalons ». Les données étalons seront par la suite comparées aux paramètres réels pour diagnostiquer l'état du réseau et actionner les opérations de maintenance. Ainsi, quatre phases sont nécessaires :

- Phase 1 apprentissage : identification du réseau
- Phase 2 acquisition : sauvegarde des données
- Phase 3 traitement : diagnostic du réseau
- Phase 4 décision : maintenance du réseau

### 3.1 Phase 1 : apprentissage

L'apprentissage du réseau d'eau potable pendant une période longue et appropriée (prenant en compte les variations saisonnières, les mouvements de la population) permet de connaître le comportement du réseau et la plage de ses paramètres de fonctionnement (pression  $P$ , débit  $F$ , coordonnées géographique  $R(i,j)$ ). Cette connaissance permet de créer une base de données étalons comme le montre la figure 3. Des courbes de référence en débit et pression sont ainsi obtenues à chaque point de contrôle du réseau  $R(i,j)$ . Les paramètres étalons sont notés  $Et(i,j)$  où  $i$  correspond à la position géographique et  $j$  à l'heure d'enregistrement.

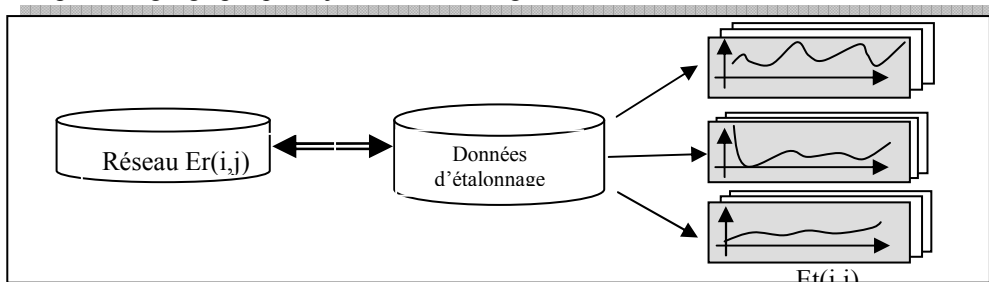
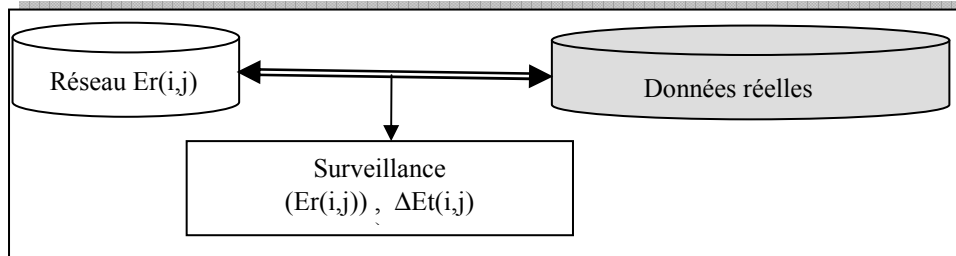


Figure 3 : Apprentissage du réseau

### 3.2 Phase 2 acquisition des données

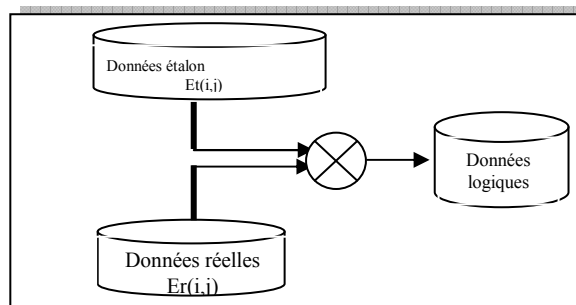
Pendant le fonctionnement normal du réseau, les capteurs enregistrent les pressions et débit d'écoulement heure par heure. Les données ainsi recueillies sont stockées dans une base de données réelle. C'est la phase d'acquisition qui est schématisée sur la figure 4. La surveillance du réseau permet de détecter au plutôt les variations brusques de débit. Une tolérance  $\Delta Et(i,j)$  est associée à chaque nœud du réseau. La valeur de  $\Delta Et(i,j)$  est calculée en fonction de l'emplacement du capteur (type de réseau primaire ou secondaire) et du nombre de connexions au réseau tertiaire et le rendement du réseau.



**Figure 4 :** Acquisition de données en temps réel

### 3.3 Phase3 : diagnostic du réseau

Pendant le fonctionnement, les paramètres réels du réseau sont relevés et comparés en temps réel à la base de données étalons. Le résultat de comparaison est inscrit dans une base de données que l'on nommera « données logiques » comme le montre la figure 5. La comparaison est effectuée par l'algorithme de couplage. Cet algorithme permet de comparer les données réelles obtenues sur site aux données étalons obtenues par apprentissage du réseau. Il signale les défaillances sur le réseau et affiche les conditions de maintenance de la zone à problème.



**Figure 5 :** Principe du diagnostic du réseau

#### Déclaration des variables

$m$  est le nombre de capteur  $i$  sur le réseau

$Et(i,j)$  matrice étalon ligne  $i$  variant de 1 à  $m$  et  $j$  (heure de la journée), variant de 1 à 24

$\Delta Et(i,j)$  définit la tolérance ou l'écart de variation de chaque élément de la matrice  $Et$ .

$Er(i,j)$  matrice de données réelles collectées sur site (ligne  $i$  et colonne  $j$ )

$C(i,j)$  matrice booléenne contenant les résultats de comparaison de  $Et$  et  $Er$

$Bm(i)$  : Ensemble des actions à entreprendre pour la maintenance des points du réseau.

$Rh$  est le réseau hydraulique

$Rh(i)$  : coordonnées du point  $i$

Diagnostic et maintenance d'un réseau de distribution d'eau potable

L'algorithme de couplage est basé sur le traitement heure par heure  $j$  (variant de 1 à 24) des informations données par les capteurs  $i$  (variant de 1 à  $m$ ). Ces informations sont enregistrées dans une base de données  $Er(i,j)$  qui par comparaison avec la base de données étalon  $Et(i,j)$ , actionne les opérations de maintenance  $Bm(i,j)$  et les points réseau  $Rh(i)$ .

### 3.4 Phase 4 : maintenance

La comparaison des données logiques avec la base de données de maintenance permet de déclencher les opérations. Une base de maintenance donnant, les indications du réseau, le profil des techniciens, l'outillage indispensable, les fiches de travaux et de maintenance sont définies pour chaque canalisation et dans une base  $Bm$ . En cas de signal déclenché par la comparaison des paramètres d'écoulement et réelles, la base est mise à jour pour l'action de maintenance.

#### 3.4.1 Inspection

Une fois la fuite diagnostiquée, l'algorithme affiche sur la carte les points défaillants. Ce qui permet aux techniciens de descendre sur le terrain et de localiser la fuite.

#### 3.4.2 Maintenance

La base de maintenance est constituée : du profil des techniciens, d'une description de l'outillage de maintenance et de collage, des fiches de maintenance, de la description des canalisations. Sous la coordination d'un responsable maintenance, chaque technicien sur site accomplit sa tâche en vue de colmater la fuite

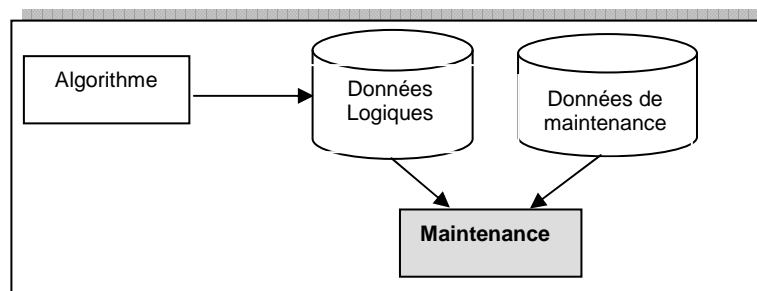


Figure 6 : Maintenance du réseau

## 4. Application au réseau de Bonabéri

Le réseau de distribution est jalonné de plusieurs capteurs qui recueillent les paramètres d'écoulement. Il présente un rendement faible (61 %). Ce qui témoigne la nécessité d'implanter une démarche de diagnostic et de maintenance des fuites. Le rendement du réseau est obtenu en faisant le rapport du volume produit par mois sur celui consommé.



La somme des volumes journaliers relevés sur le compteur placé à l'entrée de la zone nous permet d'obtenir le volume mensuel. Ces volumes sont directement obtenus au service d'exploitation du réseau.

<i>Mois</i>	<i>Volume produit en m<sup>3</sup></i>	<i>Volume facturé m<sup>3</sup></i>	<i>Rendement</i>	<i>Moyenne</i>
<i>juin</i>	<i>176100</i>	<i>115281</i>	<i>0,65</i>	<b>61%</b>
<i>juillet</i>	<i>199400</i>	<i>115381</i>	<i>0,58</i>	
<i>Août</i>	<i>192600</i>	<i>116500</i>	<i>0,60</i>	

**Tableau 1** : Volumes d'eau à Bonabéri

La facturation des volumes mensuels consommés par abonné est assurée par le service commercial de la société nationale de distribution d'eau potable. Pour réaliser son travail, le service commercial a divisé BONABERI en zone et les zones en îlot. Les relevés vont dans les îlots prélever les volumes consommés par abonné. Ce qui permet d'obtenir les volumes facturés par zone. La somme des volumes facturés par zone donne le volume mensuel facturé.

### 5. Données référentielles d'étalonnage

Les manographes (ou capteurs) placés sur le réseau donnent les pressions heure par heure aux points considérés. Pour cette application, nous nous sommes limités à quatre points sensibles du réseau. L'indexation est donnée par le tableau 2. Nous aurons en entrée de notre algorithme un nombre de capteur  $m=4$ .

<i>Emplacement des points de contrôle</i>	<i>Indexation (i)</i>
Avant le pont	i=1
Entrée du pont	i=2
BONABERI château	i=3
BONASAMA Gendarmerie	i=4

**Tableau 2** – Indexation des points de contrôle

**PARAMETRES ETALON** : Les quatre points de contrôle du réseau sont fixes et leurs positions sur la carte permettent de les localiser. Pour le suivi de l'état du réseau, il est nécessaire de suivre les pressions et débit [CE-95]. Pour cette application, les données actuelles ne permettent de suivre que les paramètres de pressions.

**PRESSIONS ETALON** : Des relevés du manographe et de l'analyse sur Excel, nous avons les pressions étalon avant le pont au point  $i=1$ . De la même manière, nous avons traité les points  $i=2$  à  $i=4$  pour obtenir la matrice Et voir tableau2

La courbe ci-dessous (figure 7) montre que les périodes de base pression en eau se situent entre 5 heures et 12heure. Ce qui correspond aux heures de forte consommation.

## Diagnostic et maintenance d'un réseau de distribution d'eau potable

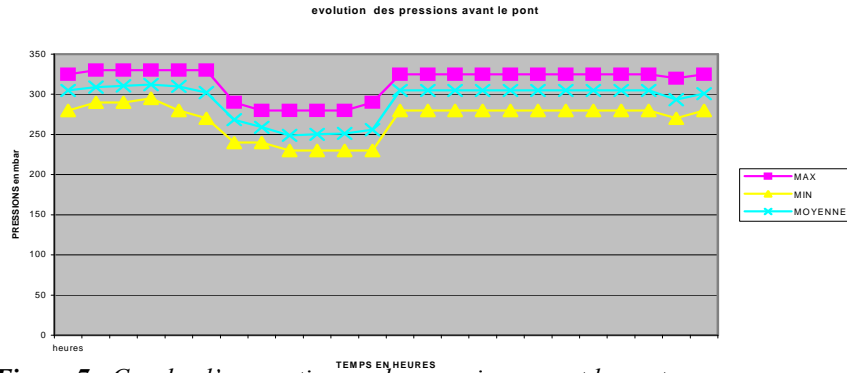


Figure 7 : Courbe d'apprentissage des pressions avant le pont

## 6. Apprentissage, acquisition, diagnostic et maintenance

Point choisi : Bonassama Gendarmerie

Sur la courbe figure 8, les données étalons et réelles sont superposées. Un cas de fuite a été constaté le 08/07/2003 à 15 heures précises. Voir figure 8

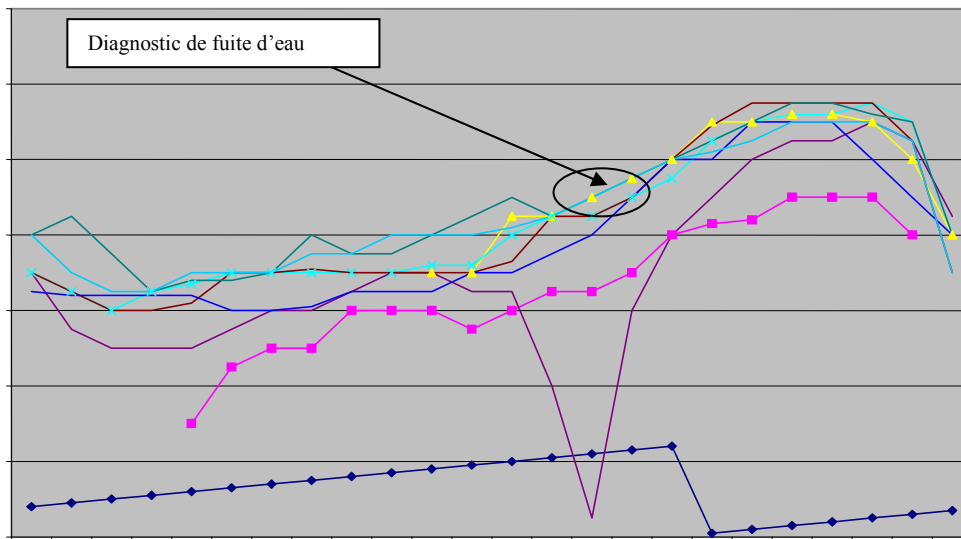


Figure 8 : Etude de cas à Bonassama

Bonassama correspond au point de capteur  $i=4$  sur l'algorithme. Sur un tableau, sont indiquées les composantes de la base étalon  $Et_4$ , de la base réelle  $Er_4$  et celles de la base logique  $C_4$  associé au cas étudié. Le début de la fuite est 14 heures temps de diagnostic. L'action de maintenance a démarré à 15 heures et la situation est redevenue

normale à 17 heures. Ce cas étudié met en relief une démarche faisant ressortir les phases d'apprentissage, d'acquisition des données en temps réelle, de diagnostic suivi de la maintenance du réseau. Les données de maintenance associées sont : L'affichage de la liste du personnel apte à intervenir sur le réseau défaillant, la liste du matériel de maintenance et les fiches de travaux.

### Analyse des résultats

Des trois mois de prélèvement effectué sur le réseau de Bonabéri, nous avons constaté que le rendement moyen est de 61%. Ce qui suppose une perte d'environ 40% par mois. Pour une zone en manque d'eaux ces pertes sont énormes et expliquent d'une part la nécessité de ce projet. A partir de la matrice Et il ressort que les périodes de forte consommation d'eau à Bonabéri se situent entre 6 et 13 heures. Grâce au model, Les pertes sont passées de 40% à 30%de la production globale d'eau dans la région. Mais le nombre de capteur reste réduit. La base de trois mois utile à l'implantation du modèle est faible et devra tenir en compte les variations de saison et les mouvements de la population afin d'améliorer ce rendement. Une analyse du vieillissement de la canalisation en fonction du temps permettra une maintenance préventive systématique du réseau de distribution d'eau.

## **7. CONCLUSION**

Au terme de ce travail, il ressort que la réduction des pertes sur le réseau de distribution contribue largement à l'augmentation d'accès à l'eau potable. Les paramètres d'écoulement du fluide sont recueillis en temps réel et le traitement différé de 24 heures.

Pour un traitement en temps réel, le coût de l'opération est élevé et on assiste à une redondance matérielle. En plus du recueil et du traitement des données on emploie des capteurs émetteurs récepteurs et des techniciens spécialisés pour la pose et la maintenance. L'avantage de cette méthode est de permettre une réduction optimale du volume d'eau perdu pendant les casses. Le coût est élevé pour les pays pauvres.

Un traitement en différé admet un investissement réduit au travail de conception et au recueil et traitement des données. Aucun composant supplémentaire n'est ajouté au réseau sauf quelques enregistreurs ou capteurs jugés utiles et placés aux points de recueil des paramètres d'écoulement. Pour le cas spécial de Bonabéri à Douala Cameroun, dont les pertes sont situées à près de 40% de la production, une telle application admet un temps de retour presque nul.

Dans tous les cas, l'apprentissage du réseau, les liaisons basses de données, SIG et cartographie est utilisé pour implanter et assurer une maintenance préventive. Au vu de l'importance de l'eau dans la vie des hommes, animaux et plantes n'est-il pas temps d'optimiser la résolution des problèmes d'eaux en vue de prévenir certaines sources de conflit future et de contribuer à la lutte contre la pauvreté dans les pays pauvres et à revenue intermédiaire ?

Diagnostic et maintenance d'un réseau de distribution d'eau potable

### **BIBLIOGRAPHIE**

Banque mondiale 2004. Approvisionnement en eau potable. Série pauvreté et besoins Essentiels. Oxford university press.

Baron1. R 1992 .Techniques neuronales et détection des pannes dans les réseaux urbains. Mémoire de DEA Ecole Normale Supérieur de L yon..

Bernard GREIL, 2000. Méthode statique. Troisième édition Dunod.

Braun T., Diot C., Hoglander A., ROCA V., An experimental user level implementation of TCP, rapport de recherche n° 265, septembre 1995, INRIA.

CEMM. 1995. Infrastructures de distribution d'eau.

Demeure I., Farhat J., « Systèmes de processus légers : concepts et exemples », *Technique et Science Informatiques*, vol. 13, n° 6, 1994, p. 765-795.

Kolski C., *Interfaces homme-machine*, Paris, Editions Hermès, 1997.

Lallouet A., « DP-LOG : un langage logique data-parallèle », *Actes des 6<sup>e</sup> journées francophones de programmation logique et programmation par contraintes JFPLC'97*, Orléans, 26-28 mai 1997, Paris, Editions Hermès, p. 53-68.

Lenormand G. et Mignee R., 1981 . Construction mécanique : éléments de technologie,. Edition FOUCHER. 264 pages.

MBEMMO S. 2002. Gestion du réseau d'eau potable. Mémoire de DEA. ENSP yaoundé.

MOREL. A. 1990. Economie de la distribution d'eau aux populations urbaines à faible revenu dans les pays en voix de développement. Thèse de doctorat. ENPC de Paris.

Narendra et P Sharma. Édition N° 331F 2002. Gestion des ressources d'eaux en Afrique .

Tamo Tatiétsé. T and M. Rodriguez.2001. A Method to improve population access to drinking water networks in cities of developing countries. *Journal of Water Supply : Research and Technology-AQUA*. IWA Publishing, vol.50, N°1, pp. 47 -60

Tamo Tatiétsé T, and M. Zimmermann, P.2000. Villeneuve and C. Pettang. A new and rational approach to modelling and designing potable water and electricity supply systems in African cities. *Building and Environment*, Elsevier, vol. 35, N° 7, pp. 645 – 654

SHUO W., 1995. Discussion on maintenance strategy, policy and corresponding Maintenance systems in manufacturing.