

## **MODELISATION DU TAUX DE PERTE DANS LES RESEAUX D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE : CAS DU SUD TUNISIEN**

### **MODELLING OF THE LOSS RATE IN WATER DISTRIBUTION NETWORKS: CASE OF SOUTHERN TUNISIA**

**GARGOURI** Kamel : Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux, Rue Ibn Badiss, 3000 Sfax, TUNISIE.

**ABIDA** Habib : Faculté des Sciences de Sfax, Route de Soukra, BP 802, 3018 Sfax, TUNISIE.

**Résumé :** La réduction des pertes d'eau des réseaux d'alimentation en eau potable (AEP) présente un intérêt capital pour préserver les ressources hydriques, augmenter l'échéance de saturation des réseaux et retarder ainsi les investissements coûteux des projets de renforcement des ouvrages existants. Cette étude s'intéresse à l'évaluation des performances des réseaux du Sud Tunisien et la prévision de leurs taux de perte. Elle comprend les volets : (i) Analyse en Composantes Principales « ACP » pour déterminer l'indice qui caractérise mieux le taux de perte ; (ii) Etude des relations entre le taux de perte et les indices de performances ; (iii) Etude de cas : Détermination d'un modèle pour évaluer le taux de perte du réseau AEP du district de Tataouine par la méthode de régression linéaire. Une analyse factorielle en composantes principales « ACP » sur les données relatives aux nombres de fuites et de casses, longueurs des réseaux et nombres d'abonnés pour les différentes localités du Sud Tunisien a dégagé deux principaux axes factoriels qui expliquent 85% de la variance totale. L'étude a montré aussi que l'impact des variables étudiées n'est pas homogène et chaque localité présente une spécificité particulière. Une étude de cas a été menée pour le réseau de distribution d'eau potable du district de Tataouine. La régression linéaire des variables a abouti aux trois modèles de prévision du taux de perte avec un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,98.

**Mots clés :** Alimentation en eau potable, taux de perte, fuites.

**Abstract.** Reduction of losses in water distribution networks presents a fundamental interest to preserve water resources and avoid expensive investments related to rehabilitation works. In this study, the performances of water distribution networks in Southern Tunisia are evaluated. The study includes: (i) A principal component analysis (PCA) to determine the index or parameter that best describes water loss; (ii) Study of relationship between water loss rate and the performance index; (iii) Case Study: in which a linear regression model is developed to estimate water loss rate. Statistical analysis of the data of number of leaks, breaks, lengths and the number of users yielded two main factorial axes, which explain 85 % of the total variance. It was also shown that the impact of the studied variables is not homogeneous and each network presents a particular specificity. Linear regression analysis resulted in three different models for the simulation of water loss rate. The corresponding correlation coefficients between real and simulated loss rates were found to be close to unity (approximately 0.98).

**Key words:** water distribution network, water loss rate, leaks.

## INTRODUCTION

L'eau est l'élément premier de la vie. Elle constitue un bien économique, social et environnemental et comme telle doit être gérée avec l'objectif de protéger un patrimoine commun dans l'intérêt de toute la collectivité dans son ensemble. Aujourd'hui, il est urgent de réduire la consommation et préserver la ressource en eau, à travers une gestion efficace de tout le cycle de l'utilisation de l'eau, à partir de la gestion optimale des ressources (nappes, sources, puits ...etc.) à la réhabilitation des réseaux d'adduction et de distribution.

La Tunisie a pris conscience depuis les années de l'aggravation de son déficit en ressources mobilisables par rapport à ses besoins potentiels et a tracé une stratégie qui s'appuie sur un ensemble visant à conserver les ressources et économiser l'eau. Concernant le secteur de l'eau potable, il serait une erreur de considérer que le pourcentage des ressources exploitées est faible. En effet, ce secteur puise sur les ressources de bonne qualité qui ne cessent de diminuer. Pour certaines régions du sud, le déséquilibre entre l'offre d'eau et la demande s'est déjà produit, et il y'a eu déjà recours au dessalement des eaux sommatres et pour très bientôt l'eau de mer. (Zerria ., 2002)

Les pertes d'eau dans un système de distribution d'eau potable peuvent être divisées en deux catégories : les pertes dues aux casses de conduites et les pertes qui résultent de fuites des accessoires du système. Les casses sont caractérisées par une perte soudaine d'eau de durée limitée. Les pertes des accessoires sont caractérisées en un suintant continu d'eau suite au phénomène de corrosion (Goodwin, 1980; Germanopoulos, 1995).

## INDICATEURS DE PERFORMANCE D'UN RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE

### Indicateur de performance technique pour les pertes réelles :

Les indicateurs traditionnels de pertes d'eau sont fréquemment exprimés comme un pourcentage de volume (tableau1). Cependant, cet indicateur prend en compte des influences locales principales. Par conséquent il ne peut pas être considéré un indicateur de performance approprié pour les comparaisons.

**Tableau 1:** Exemples de taux de perte (IWSA, 1991):

Les pays développés	8 - 24%
Les pays nouvellement industrialisés	15 - 24%
Les pays en voie de développement	25 - 45%

### Indice de perte linéaire

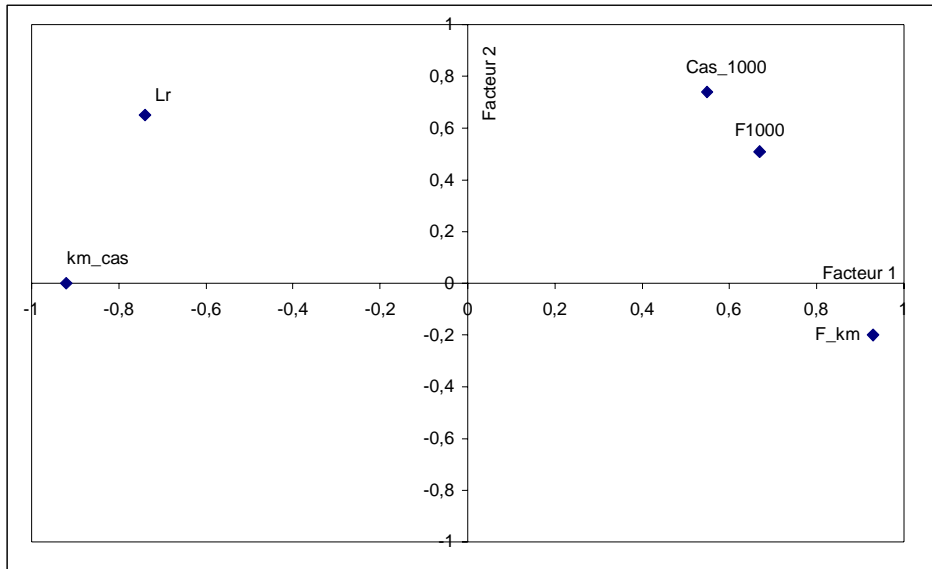
L'indice linéaire de perte reflète l'état du réseau et de son étanchéité. Il représente le volume d'eau perdue par unité de longueur du réseau. Des valeurs types de cet indice sont présentées dans le tableau 2.

**Tableau 2 .** Indices linéaires de perte (I.L.P) (Eau de Marseille, 2003)

Catégorie du réseau	Rural	Semi-rural	Urbain
Indice de Perte (m <sup>3</sup> /J/Km)	1 < I.L.P < 3	3 < I.L.P < 8	I.L.P < 10



l'importance des poids de pondération, permet d'étudier la configuration géométrique des variables dans le plan de deux facteurs. L'espace des variables obtenu confirme l'existence de quatre associations distinctes.



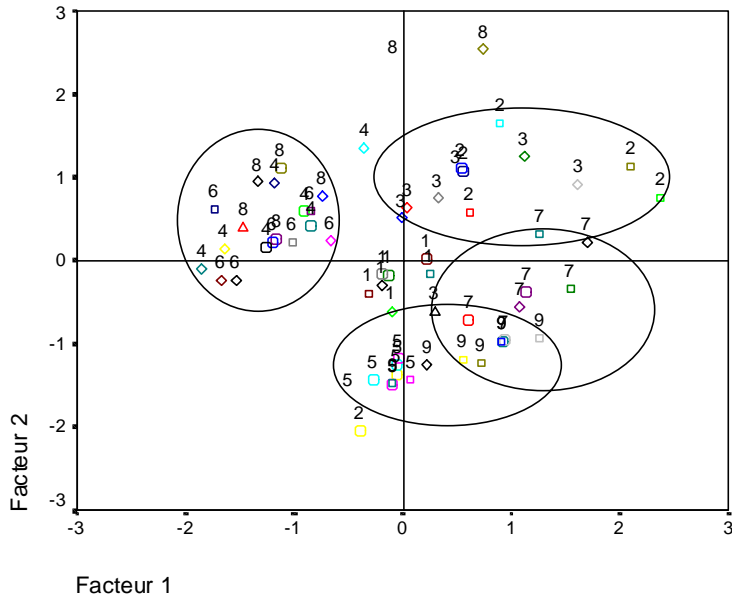
**Fig. 1.** Espace des variables

La représentation des taux de pertes des réseaux de distribution d'eau potable du sud Tunisien, analysés par des points dans le plan des deux facteurs, permet de retrouver la contribution de chacun des facteurs sur les réseaux. La zonation présentée dans la carte factorielle nous a permis la répartition des réseaux en groupes (figure 2):

- Groupe 1 constitué par les réseaux de Medenine, Sidi Bouzid et Tataouine (zones 4, 6 et 8).
- Groupe 2 constitué par les réseaux de Gabes et Gafsa (zones 2 et 3).
- Groupe 3 constitué par le réseau de Kebili (zone 7).
- Groupe 4 constitué par le réseau de Sfax (zone 5).

Le réseau de Tozeur (zone 9) est en chevauchement avec le réseau de Kebili et de Sfax. La zone 1 avec sa position particulière à l'origine est expliquée par son état moyen qualitatif et quantitatif.

Les résultats obtenus montrent alors que l'impact des fuites, des casses et de la longueur du réseau n'est pas homogène pour l'ensemble des zones étudiées et chaque zone présente une spécificité particulière.



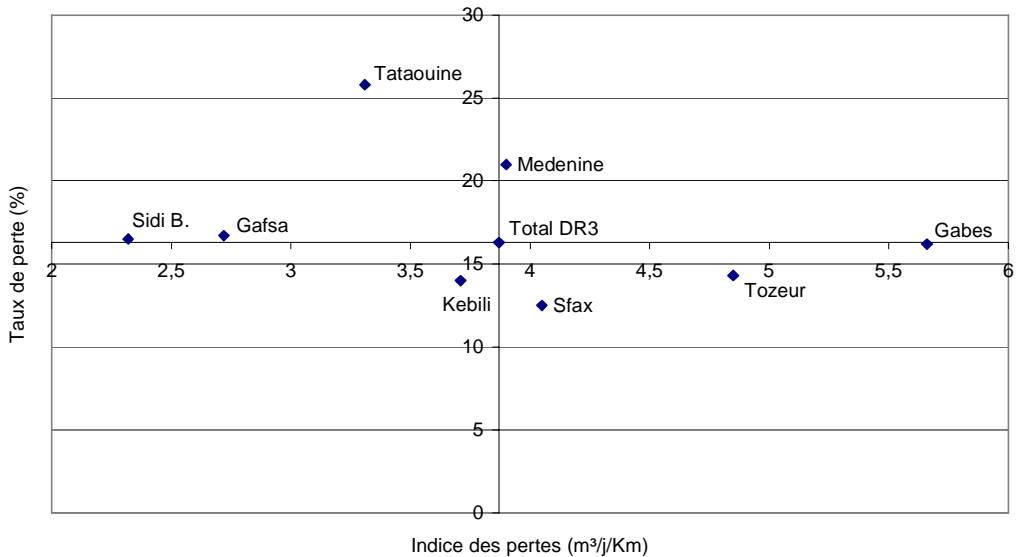
**Fig. 2.** Espace des unités statistiques

### **Variation du taux de perte des réseaux d'AEP en fonction des pertes linéaires pour les districts du Sud Tunisien:**

La figure3 montre la relation entre le taux de perte et l'indice de perte linéaire pour chaque district. Trois groupes sont distingués.

- Les districts de Sidi Bouzid et Gafsa occupent la meilleure position (moins de pertes linéaire et taux de perte)
- Les districts de Tataouine et Médenine se caractérisent par une mauvaise situation (trop de perte linéaire avec un taux de perte important).
- Les districts de Sfax, Tozeur et Gabes ont un indice de perte important mais un taux de perte relativement faible.
- La situation de Kebili est presque conforme à la situation moyenne des districts du Sud Tunisien.

Il est évident que plus l'indice de perte linéaire ( $m^3$  d'eau perdue/jour/km de réseau) est fort, plus il est probable d'avoir des fuites et casses qui présentent les principales causes des pertes en eaux, donc un taux de perte important. Cependant, ce graphique montre qu'il y'a des districts présentant des taux de pertes élevés malgré leurs faibles indices de perte linéaire, comme le cas de Tataouine.



**Fig. 3.** Variation du taux de perte des réseaux d'AEP en fonction des indices de perte linéaire pour les districts du Sud Tunisien

## ETUDE DE CAS

Une étude statistique a été menée sur l'évolution du nombre de fuites, de casses et de la longueur du réseau de distribution d'eau potable du district de Tataouine en vue de déduire leurs modes d'action réels sur la perte d'eau. Nous avons à cet effet fait appel à la régression linéaire en intégrant comme variables les paramètres physiques (fuites, casses et la longueur du réseau). L'évolution annuelle des performances du district de Tataouine est illustrée dans le tableau 5.

La cause principale des pertes est généralement l'existence des fuites et des casses. Par conséquent, on attend à trouver une relation proportionnelle entre l'indice et le taux de perte. Cependant, deux taux de perte différents ont été obtenus pour le même nombre de fuites/km ou casses par 1000 abonnés (figure 5). Il y'a même des taux de pertes élevés qui correspondent à des indices de fuite et de casse relativement faibles. Ceci peut être expliqué par l'efficacité de l'opération de détection et de réparation des fuites et des casses.

**Tableau 5:** Evolution annuelle des performances du district de Tataouine

Année	Longueur réseau par abonné (mlab)	Taux de perte (%)	Concentration spécifique (l/hab)	perte spécifique (l/hab)	perte/km (ml/km)	Nombre de fuites par 1000 abonnés	Nombre de fuites/km	perte spécifique (l/h fuite)	Nombre de kilomètres de réseau par urecasse	Nombre de casses/ 1000 abonnés	perte spécifique (l/casse)
1998	406	21,6	67,7	187	23	803	20	484	34	120	329
1999	412	17,1	66,5	137	17	387	09	737	44	94	300
2000	406	16,1	70,5	136	17	417	10	677	40	101	288
2001	345	16,3	72,9	142	21	464	13	687	47	73	401
2002	349	17,6	68,3	146	21	566	16	538	41	86	367
2003	351	19,4	67,9	164	23	1044	30	327	29	121	284
2004	365	26,8	66,1	207	28	620	17	694	68	54	809
2005	366	25,8	69,7	242	33	853	23	591	47	78	680

La régression linéaire des variables a abouti aux trois modèles de prévision du taux de perte avec un coefficient de corrélation de l'ordre de 0,99.

Les expressions des taux de perte peuvent s'écrire sous la forme linéaire multivariable :

$$TP1 = -3,778 + 0,325 \times LR + 0,524 \times F1000 - 11,775 \times FKM + 1,713 \times KMCAS - 1,018 \times CAS1000$$

$$TP2 = 2,557 + 0,658 \times F1000 - 16,943 \times FKM + 2,289 \times KMCAS - 0,618 \times CAS1000$$

$$TP3 = -6,668 + 0,556 \times F1000 - 13,685 \times FKM + 3,331 \times KMCAS$$

avec : LR : Longueur de réseau par abonné.

F1000 : Nombre de fuites par 1000 abonnés.

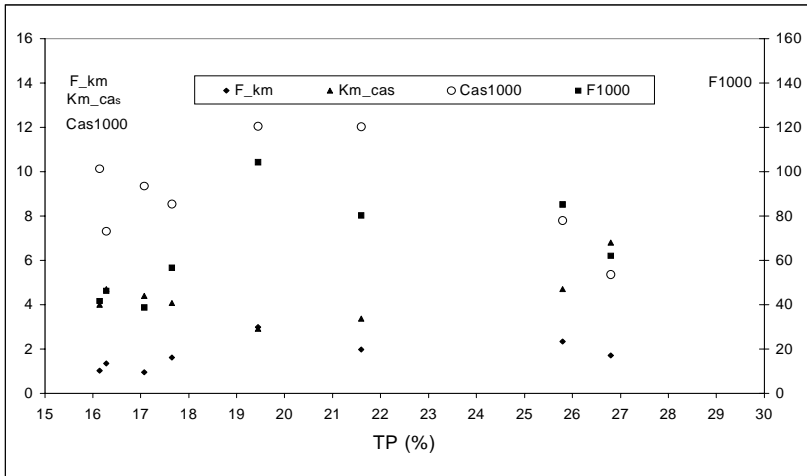
FKM : Nombre de fuites par km de réseau.

KMCAS : Nombre de km de réseau par casse.

CAS1000 : Nombre de casses par 1000 abonnés.

La régression linéaire a été effectuée par élimination des variables. En effet, la longueur du réseau a été éliminée des modèles TP2 et TP3. De plus le nombre de casses par 1000 abonnés a été aussi éliminé dans le troisième modèle. Les résultats de ces trois modèles sont illustrés dans le tableau 6.

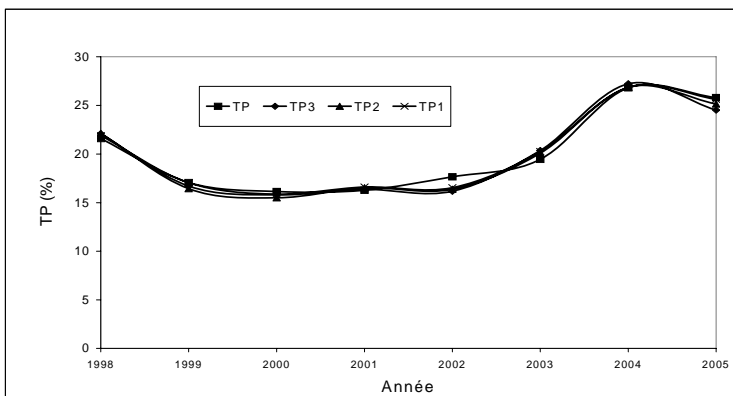
La représentation graphique des taux de perte déterminés par les trois modèles montre une bonne prévision en se basant uniquement sur le nombre de fuites par 1000 abonnés et par kilomètre de réseau et le nombre de kilomètres pour une casse (fig. 6)



**Fig. 5.** Evolution du taux de perte de district de Tataouine en fonction des indices de performances

**Tableau 6:** Taux de pertes réel et prévus du district de Tataouine

Année	Taux réel	Taux prévu		
	TP	TP1	TP2	TP3
1998	21,6	21,9	22,1	22,1
1999	17,1	17,0	16,4	16,7
2000	16,1	15,9	15,5	15,8
2001	16,3	16,6	16,5	16,4
2002	17,6	16,5	16,4	16,2
2003	19,4	20,2	20,1	20,4
2004	26,8	26,9	26,9	27,2
2005	25,8	25,6	25,1	24,5



**Fig. 6:** Comparaison de l'évolution annuelle des taux de perte réel et prévu

**CONCLUSION**

La surveillance en continue des paramètres physiques d'un réseau d'alimentation en eau potable « AEP » tels que le nombre de fuites et de casses, l'évolution de la longueur de réseau et du nombre d'abonnés est primordiale afin de contrôler et d'améliorer la performance d'un réseau.

Cette étude est basée sur l'analyse factorielle en composantes principales « ACP » des données relatives aux réseaux d'AEP de huit districts du Sud Tunisien pour une période de sept années de 1998 à 2004. Elle a montré que l'impact des variables étudiées (longueur de réseau par abonné, le nombre de fuites et de casses par kilomètre de réseau et par abonné) sur la perte d'eau d'un réseau n'est pas homogène et chaque réseau se comporte d'une manière spécifique. En effet, la relation proportionnelle entre le taux de perte et les indices de performances n'est pas toujours vérifiée. La zonation des districts du Sud Tunisien présentée dans la carte factorielle a abouti aux mêmes constatations.

Trois modèles de prévision du taux de perte du réseau de Tataouine sont développés moyennant la méthode de régression linéaire multiple. Les coefficients de corrélation correspondants sont de l'ordre de 0,98.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

Eau de Marseille. (2003). "Rendement du réseau.", Marseille, France.

Germanopoulos G. (1995). "Valve Control Regulation for Reducing Leakage." *Improving Efficiency and Reliability in Water Distribution Systems*, Kluwer Academic Press, London, United Kingdom .

Goodwin S. J. (1980). "The Results of the Experimental Program on Leakage and Leakage Control." *Technical Report TR*, Water Research Centre.

International Water Services Association (IWSA).(1991)."a Leakage Control Workshop." Indonesia.

Zerria F.(2002). "Economie d'eau". Société Nationale d'Exploitation et de Distribution des Eaux. Tunisie.