



## **AIDE A LA DECISION POUR L'OPTIMISATION DE LA GESTION DES RESEAUX D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE**

**BOUTEBBA K., BOUZIANE M.T., BOUAMRANE A.**

Laboratoire de Recherche en Hydraulique Souterraine et de Surface  
Faculté des Sciences et Technologie, Université de Biskra, Algérie.

boutebba.khereddine@yahoo.fr

### **RESUME**

Dans ce papier, nous proposons un prototype d'aide à la décision interactif pour la gestion de la réhabilitation des réseaux d'eau potable afin de réduire les difficultés et complexités de management des opérations d'intervention, en tenant compte plusieurs critères qui sont distribués selon des axes en relation avec des objectifs de gestionnaire et le développement durable. Le modèle consiste à combiner un ensemble d'outils et des approches tels que les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG), analyse multicritère, ainsi que des outils de la modélisation du fonctionnement afin d'apporter de nombreuses informations qui permettent aux décideurs d'avoir une vision stratégique sur les actions de la maintenance afin de faire une expertise de pointe.

**Mots-clés :** Aide à la décision, SIG, Analyse multicritère (ANP), Réhabilitation, Développement durable

### **ABSTRACT**

In this article ,we propose an Assistance prototype for an interactive decision to manage the rehabilitation of potable water and to reduce the difficulties and complexities of managing intervention's operations taking into account several criteria that are distributed according to axes in relation with the objectives of sustainable development manager .The model consists of combining a set of tools and approach such as Geographic Information Systems (GIS), multi-criteria analysis, as well as modelling tools operation to provide a lot of

information that enables decision makers to have a strategic vision on the shares of maintenance and to advanced expertise.

**Keywords:** Decision making process, GIS, Multicriteria analysis (ANP), rehabilitation, sustainable development

## INTRODUCTION

Le réseau d'eau potable constitue un élément très important dans la vie des sociétés. La fonction de base d'un réseau de distribution d'eau est de satisfaire les besoins des usagers en eau. Cette eau doit être de bonne qualité respectant les normes de potabilité et à une pression et en quantité suffisantes (Haidar, 2006)

Avec le temps, Les conduites des réseaux sont soumises à des mécanismes de dégradation progressive due aux conditions de fonctionnement et/ou d'environnement qui se manifestent par une diminution de leur performance et un accroissement des dépenses de la maintenance du service. Cela explique les exigences de la réhabilitation qui sont proposées pour remédier aux dysfonctionnements observés ou pour les réduire (Elnaboulsi et Alexandre, 1998).

Les objectifs de la gestion des réseaux sont multiples : éviter toute rupture du service, assurer la qualité du service rendu, par la recherche de la maîtrise des coûts d'investissements, d'exploitation et de la maintenance du système dans un état ou dans des conditions données de sûreté de fonctionnement, pour accomplir une fonction requise» (AFNOR, 2001 ; Dell'Orfano et al, 2013 ;Granger et al ,2010 ;Charrat, 1995).

La décision en matière de maintenance qui est sensible à des critères économiques et financiers, sociaux et techniques, exige une bonne compréhension de l'interaction entre les différents facteurs qui contribuent aux dommages dans le système des réseaux d'eau potable ou qui sont liés à des impacts qui deviennent inacceptables.

L'inspection des structures des réseaux d'eau potable en Algérie et de leur gestion a démontré une situation, inquiétante (Bouamrane et al, 2012).

L'analyse de la situation actuelle en matière d'AEP fait apparaître que l'impact attendu à travers les différentes réalisations, dans ce domaine, n'est malheureusement pas à la hauteur des investissements consentis.

L'objectif de la présence de ce travail est de proposer, un outil interactif d'aide à la décision, qui permettra aux gestionnaires d'avoir une vision stratégique sur les actions de la maintenance et la mise place des opérations d'intervention afin de garantir un niveau de service satisfaisant et un coût acceptable pour les usagers de demain. cet outil sera construit de manière à intégrer et à exploiter les méthodes d'analyse multicritère et le système d'information géographique ainsi que des modèles et des outils de modélisations, afin de renforcer le

potentiel de ces derniers en tant qu'outil d'aide à la décision à référence spatiale destiné à minimiser les coûts d'exploitation directs et indirects des dommages subis suite aux défaillances afin d'assurer un niveau de service optimal.

## **APPROCHES DECISIONNELLES POUR L'ORGANISATION DE LA GESTION DE LA MAINTENANCE DES RESEAUX D'EAU POTABLE**

La gestion de la maintenance des réseaux d'eau potable est sans doute l'une des questions urbaines fondamentales à l'heure actuelle qui va être soumise à de nombreux enjeux de plus en plus compliqués et dont le pilotage sera de moins en moins aisé selon Beaucoup d'experts (Bogárdi et Fülöp, 2012; Novotny et Brown, 2007).

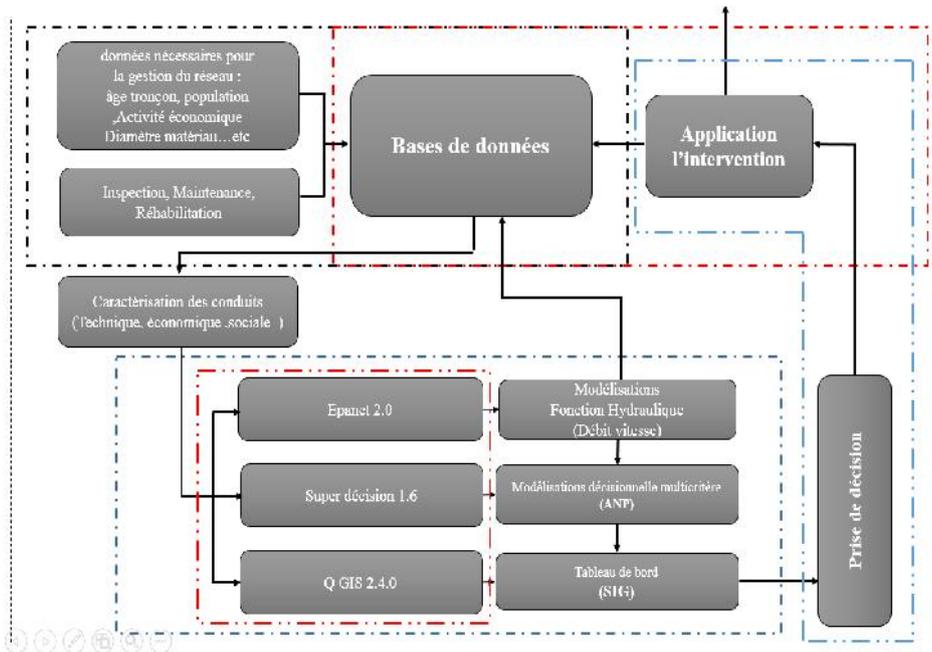
Des nombreux projets de recherche ont été développés ces dernières années afin de faciliter les tâches des gestionnaires lors de la mise en place des opérations d'intervention (Nafi, 2006; Engelhardt, 2000; Blindu, 2004; Haidar, 2006; Monfront, 2007). On peut citer, Poinard David and al. (2011) qui ont utilisé le modèle de Markov pour prédire les besoins de renouvellement en tenant compte les facteurs climatiques ainsi que l'historique de renouvellement et de casse. Certains d'autre sont basés sur les approches d'optimisation comme l'algorithme génétique pour planifier les priorités et le programme du renouvellement (Nafi, 2006). D'autres proposent un modèle qui optimise les dates de renouvellement basées sur les modèles semi-paramétriques pour calculer la probabilité de chaque défaillance et afin d'estimer le coût associé aux dommages subis suite aux défaillances. Alexandre (1996), Blindu (2006), Le Gauffre et al. (2002) proposent d'utiliser les méthodes d'analyse multicritère, pour la hiérarchisation des actions de la maintenance et le choix des techniques de réhabilitation. On peut noter aussi le projet européen CARE-W (Computer Aided Rehabilitation of Water networks) qui comprend cinq modules reliés à une base de données des outils et des modules spécifiques de gestion dont l'objet est de construire un modèle de réhabilitation des réseaux d'eau potable (Haidar, 2006) .

## **METHODOLOGIE ADOPTEE**

Afin d'aider le manager de la maintenance des réseaux d'AEP à accomplir avec succès la mission qui lui est confiée, Nous proposons une méthodologie structurée en plusieurs étapes successives et distinctes pour améliorer la stratégie de la maintenance actuelle. Cette méthodologie sera intégrée dans le système des outils d'aide à la décision pour répondre à la demande des gestionnaires et dont la politique devrait s'orienter vers la conception d'un système durable.

La méthodologie proposée est structurée en plusieurs étapes de modélisation et de traitement regroupés au sein de trois parties définies comme suit (Figure 1) :

1. Collecte et structuration des données
2. Hiérarchisation multicritère des investigations et de la réhabilitation
  - Modélisation du comportement du réseau pour estimer les sources de dysfonctionnement et d'anomalies.
  - modélisation décisionnelle afin de déterminer le plan prioritaire d'action d'entretien et de réhabilitation relatifs aux réseaux.
3. Cartographie des résultats

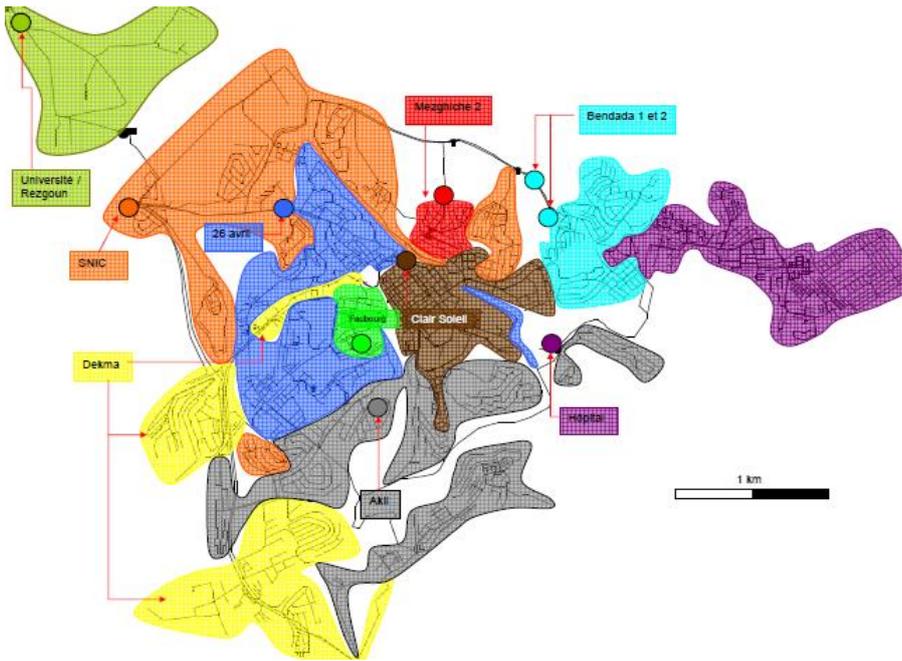


**Figure 1** : schéma de principe reproduisant la logique de gestion des interventions de la maintenance du réseau d'AEP.

## APPLICATION DE LA MÉTHODOLOGIE AU SYSTÈME DE LA VILLE DE SOUK AHRAS

Située au nord-est de l'Algérie Elle couvre une superficie de 45,41 km<sup>2</sup> et elle compte une population de 135 000 habitants. La ville est équipée d'un réseau d'alimentation en eau potable qui alimente 94% de la population, Le reste de la ville est desservi par les systèmes privés.

La longueur totale du réseau est de l'ordre de 113 km, sa gestion est assurée par L'ADE (Figure 2).



**Figure 2** : Secteurs de distribution d'AEP de la ville de Souk Ahras. (Source : BCEOM/G2C, 2008).

## **AIDE A LA CONSTRUCTION DES PROGRAMMES D'INVESTIGATIONS ET DE REHABILITATIONS**

### **Conception et structuration du modèle de décision pour la maintenance**

Dans le but d'identifier le système existant pour la maintenance des réseaux de nombreuses informations de nature différentes sont enregistrées. La plupart de celles-ci servent à caractériser le réseau et son comportement. D'autres permettent de prévoir l'état et l'impact de certains paramètres sur la dégradation et le dysfonctionnement de ce dernier, dont chaque tronçon peut être représenté par un profil multicritère à différents enjeux définis par groupes suivants :

- groupe territoire rassemblant des informations concernant le territoire.
- groupe décrivant les éléments humains, environnementaux.
- groupe technique rassemblant des informations concernant le réseau et son comportement.

Ces données hétérogènes sont ensuite exploitées pour l'application du modèle et en même temps pour créer la structure du système d'information géographique qui a pour but de représenter la réalité et l'objectif de l'étude.

## **modélisation du comportement hydraulique et de la fonctionnelle du réseau d'eau potable.**

Pour mieux comprendre le fonctionnement du réseau le long de sa distribution, il est indispensable de modéliser son comportement à l'aide d'un modèle de simulation afin d'interpréter son fonctionnement à différents états.

L'animation de celle-ci sous logiciel EPANET a nécessité la création d'un schéma reflétant les caractéristiques physiques des composants du système : réservoirs, canalisations, jonctions, etc. et à renseigner ces différents objets, par exemple :

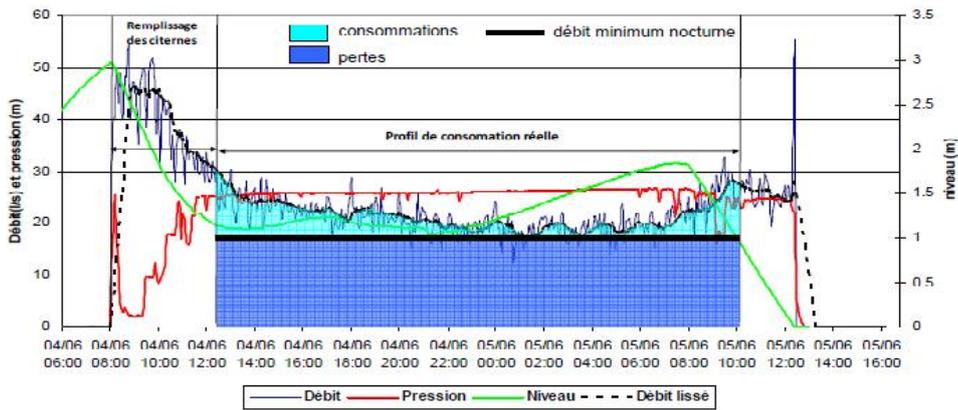
Une grande partie des secteurs périphériques

- *pour un tronçon de canalisation* : longueur, diamètre, rugosité, présence ou non d'une vanne de sectionnement fermée, d'un clapet ;
- *pour une jonction (ou nœud)* : altitude, demande, type de courbe de modulation
- *pour un réservoir* : altitude du radier, diamètre, niveau bas, niveau haut, niveau de départ.

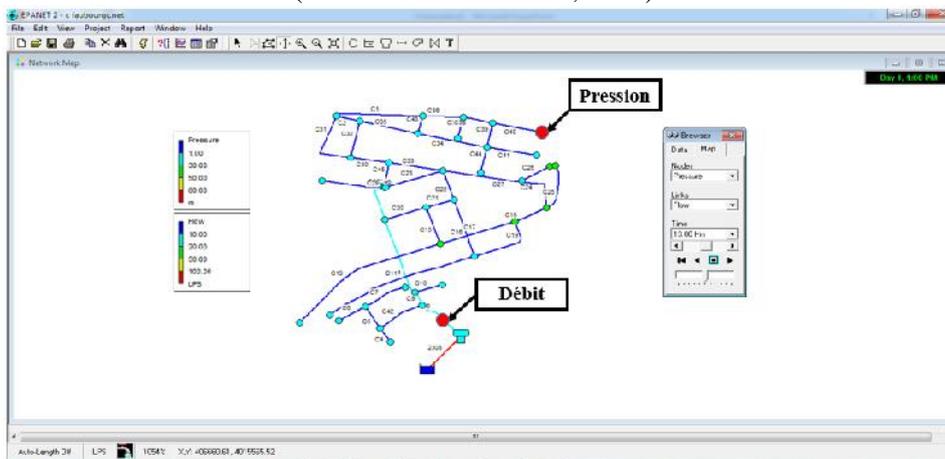
La conception du modèle a été menée dans ces étapes selon une procédure « pas à pas », à partir de la cartographie du réseau que le logiciel permet de poser en fond de plan.

Les résultats de la modélisation ont été utilisés dans celle-ci pour décrire et faire une abstraction sur la situation actuelle et future des différents paramètres tels que pression, vitesse et débit. La validation/calage de ces derniers exige de nombreuses informations et mesures sur le terrain telles que le débit, pression à chaque nœud et tronçon. Pour appliquer cela, nous avons procédé à cette opération sur le secteur Faubourg qui est alimenté directement par l'adduction venant des réservoirs de Dekma. Sa zone de service est composée de deux cuves de 400 m<sup>3</sup> desservant 483 abonnés. Nous avons exploité pour celle-ci les résultats de campagne de mesures qui ont été exécutées pendant le mois de juin (du 04 au 05 juin 2008) (Figure 3). Nous avons procédé à trois types de mesures. L'une a été effectuée sur le réservoir (débit en sortie) et les deux autres sur les parties basses du réseau pour mesurer la pression. Tout ceci ayant pour but de valider le calage du modèle (Figure 4).

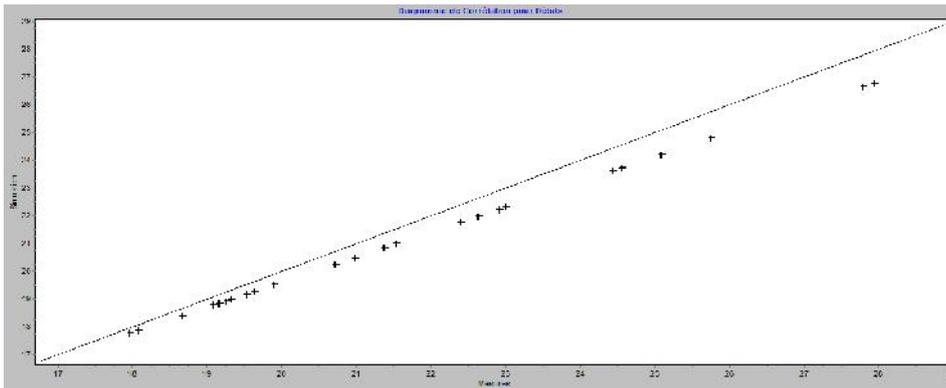
Le graphique suivant présente les mesures qui ont été réalisées par le Groupement BCEOM / G2C:



**Figure 3 :** Mesures sur le secteur de distribution du réservoir de Faubourg (source : BCEOM/G2C, 2008).



**Figure 4 :** interfaces initiales du logiciel et positionnement des points de la mesure.



**Figure 5** : exemple du résultat calage de débit (diagramme de corrélation sous logiciel EPANET).

## **HIERARCHISATION DES OPERATIONS D'INVESTIGATION ET DE LA REHABILITATION**

Nous avons positionné la méthode ANP comme l'une des solutions de prise de décision pour notre cas d'étude cette méthode a été élaborée par thomas Saaty. Elle fait partie de la famille des méthodes d'analyses multicritères.

Et est considérée comme extension et solution de la méthode hiérarchique AHP. Cette dernière étant caractérisée par son utilisation limitée et par son incapacité à traiter toutes les réalités et les complexités du réel en raison de sa logique strictement hiérarchique (Kasirian, 2010).

ANP doit nous fournir un outil efficace dans le cas où les interactions des critères du système étudié seraient nécessaires.

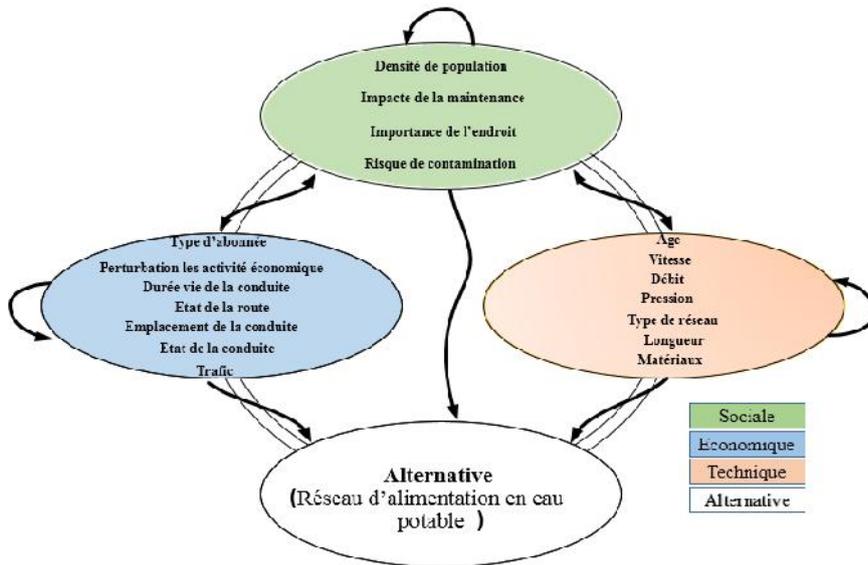
Ce qui nous offre une approche plus précise pour la modélisation d'un environnement complexe.

La mise en œuvre de la méthode peut être ramenée à l'exécution des quatre étapes suivantes, soit :

### **Première étape : construction d'une structure de décision et détermination de son but.**

Nous avons décomposé le problème en un système structuré sous forme d'un réseau des critères et sous-critères. La structure du système de décision est définie sur la base des entretiens avec les différents intervenants au processus de décisions ainsi que les études et recherches pertinentes pour la gestion des réseaux AEP (Figure 6).

Pour ce qui concerne la construction du modèle, nous avons déterminé les éléments qui sont interdépendants. En effet, les éléments (sous-critères) d'un groupe (critère) peuvent influencer sur d'autres éléments dans le même groupe, soit ceux d'autres groupes. Donc afin de réaliser notre méthode d'étude qui consiste à traiter le problème du choix des tronçons prioritaires sur lesquels on doit intervenir, nous avons élaboré trois groupes d'évaluation (critères).



**Figure 6 :** Le réseau ANP du problème de la sélection des sections prioritaires à l'intervention.

### Deuxième étape : comparaisons par paire d'éléments et vecteurs propres.

Cette étape est similaire à celle de l'AHP et a pour but d'établir l'importance relative de chaque critère à celle des autres critères.

Cette étapes comporte trois sous-étapes importants définies comme suit soit :

#### *Comparaison des critères par importance*

La matrice constitue le cadre le plus efficace pour effectuer de telles comparaisons par paire (Blindu, 2004). La comparaison entre tous les critères est donnée par la matrice suivante :

$$A=[a_{ij}] \text{ d'ordre } n \quad (1)$$

Où :  $a_{ij} = p_i/p_j$ ,  $p_i$  et  $p_j$  étant respectivement les poids relatifs des critères  $g_i$  et  $g_j$ .

L'établissement des mesures pour les critères est une nécessité pour les comparaisons afin de spécifier le degré d'importance d'un critère par rapport à un autre. Le tableau 1 regroupe les échelles utilisées pour procéder aux comparaisons par paire.

**Tableau 1 :** Echelle de thomas Saaty.

Échelle numérique	Échelle verbale
1.0	Importance égale des deux éléments
3.0	Un élément est un peu plus important que l'autre
5.0	Un élément est plus important que l'autre
7.0	Un élément est beaucoup plus important que l'autre
9.0	Un élément est absolument plus important que l'autre
2.0, 4.0, 6.0, 8.0	Valeurs intermédiaires entre deux jugements, utilisés pour affiner

**Détermination des poids associés à chaque critère**

La détermination des poids de chaque critère de la matrice se fait par la résolution du problème de vecteur propre. Il faut noter que la somme des poids relatifs de tous les critères fils d'un même critère père doit être égale à un (01) quel que soit le mode d'affectation du poids. Le poids associé aux critères d'évaluations *i* est donné par la relation suivante :

$$w_i = \frac{\sum_{i=1}^n \left[ \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ki}} \right]}{n} \tag{2}$$

Avec la somme des *w<sub>i</sub>* qui doit être égale à 1.

### Cohérence de jugement

Un grand avantage de la méthode est qu'elle permet de calculer un indice de cohérence, qui permet d'évaluer les calculs effectués, donc on peut savoir à quel point nos jugements sont cohérents, car nous voulons éviter que notre décision soit fondée sur des appréciations si peu cohérentes qu'elle pourrait sembler aléatoires.

L'indice de cohérence (IC) est déterminé par la formule suivante :

$$IC = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (3)$$

Où :

$\lambda_{\max}$  est la plus grande valeur propre de la matrice.

n : le nombre d'éléments comparés.

Plus l'indice de cohérence et grand plus les jugements de l'utilisateur sont incohérents

**Tableau 2 : Indice aléatoire**

Taille de matrice	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
IA	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

Le ratio de cohérence (RC) est donné par la formule suivante :

$$RC = IC/IA \quad (4)$$

Avec :

RC : le ratio de cohérence.

IA : indice aléatoire (tableau 2).

L'attribution des poids est jugée acceptable si RC est inférieur à 10%. Dans le cas où cette valeur dépasse 10%, les appréciations peuvent exiger certaines révisions

**Étape trois : Elaboration de la supermatrice :**

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_N \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ \vdots \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{matrix} & \left[ \begin{array}{cccc} e_{11}e_{12} \dots e_{1n_1} & e_{21}e_{22} \dots e_{2n_2} & \dots & e_{N1}e_{N2} \dots e_{Nn_N} \\ W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{array} \right] \end{matrix}$$

Le concept de la supermatrice est semblable au processus de la chaîne de Markov (Saaty, 1996). Donc et afin d’obtenir la priorité globale de chaque critère et sous critère avec les influences interdépendantes, il est nécessaire d’introduire les vecteurs propres locaux estimés par l’étape 2 dans les colonnes homologues, chaque colonne de la matrice représente les priorités relatives de tous les éléments, par rapport à un élément donné. Cette matrice est appelée supermatrice non-pondérée.

W : Supermatrice non-pondérée.

$e_{ij}$  : jème élément du ième groupe.

$W_{ij}$  : matrice des priorités relatives entre les éléments du groupe  $C_i$  et les éléments du groupe  $C_j$ .

$n_i$  : nombre d’éléments dans le groupe  $i$ .

La supermatrice doit être stochastique en colonne, c’est à dire que la somme des éléments d’une colonne est égale à 1, afin d’obtenir les priorités limitées, il faut multiplier chaque bloc de la supermatrice non-pondérée par le poids du groupe (correspondant au bloc) dans la matrice de groupe, ce qui engendre une supermatrice pondérée. Pour cela le calcul de la supermatrice limitée est présenté comme suit :

La super matrice pondérée doit atteindre un état d’équilibre jusqu’à ce que toutes les colonnes de la supermatrice pondérée convergent vers les mêmes valeurs et chaque ligne  $i$  de cette dernière tend vers une constante  $\lambda_i$  afin d’achever la convergence de celles-ci. La super matrice pondérée doit être élevée à la puissance de  $2k+1$ , ou  $k$  est un nombre arbitraire. Les résultats finaux obtenus représentent le poids final (priorités finales) de chaque critère

#### Étapes 4 : évaluation du niveau d'urgence pour chaque alternative (tronçon)

Dans le cas où on a élaboré la supermatrice limitée, il ne reste qu'à évaluer le niveau d'urgence (poids total) de chaque tronçon ; le plus grand niveau d'urgence désigne le tronçon prioritaire à l'intervention.

### RESULTATS ET DISCUSSIONS

#### Hiérarchisation des tronçons

Sur le réseau d'AEP de la ville de Souk Ahras, cette méthodologie a été appliquée pour permettre d'identifier les tronçons prioritaires.

La mise en œuvre de cette étape a été facilitée par l'utilisation du logiciel Super Décisions II est à interface graphique et s'exécute sous environnement Windows. Il offre la possibilité de faire une analyse de sensibilité des différents paramètres de la méthode et de tester l'impact de leur variation sur le résultat.

Les résultats obtenus par le logiciel sont automatiquement intégrés dans les démarches de planification des activités de la maintenance.

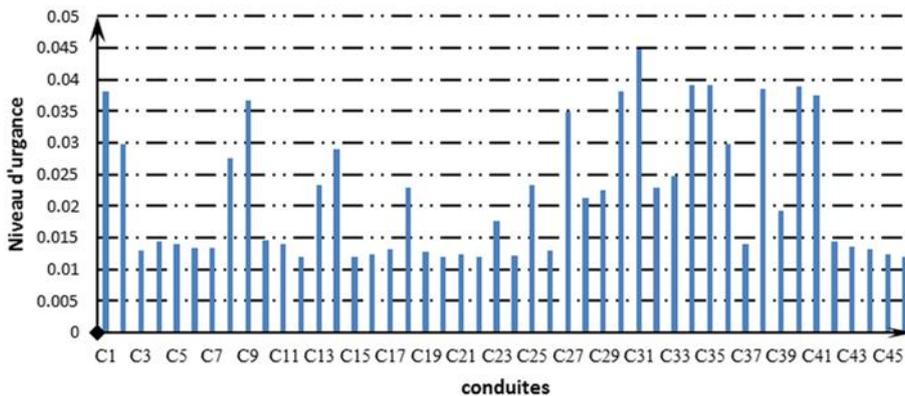


Figure 7 : valeurs du niveau de chaque tronçon.

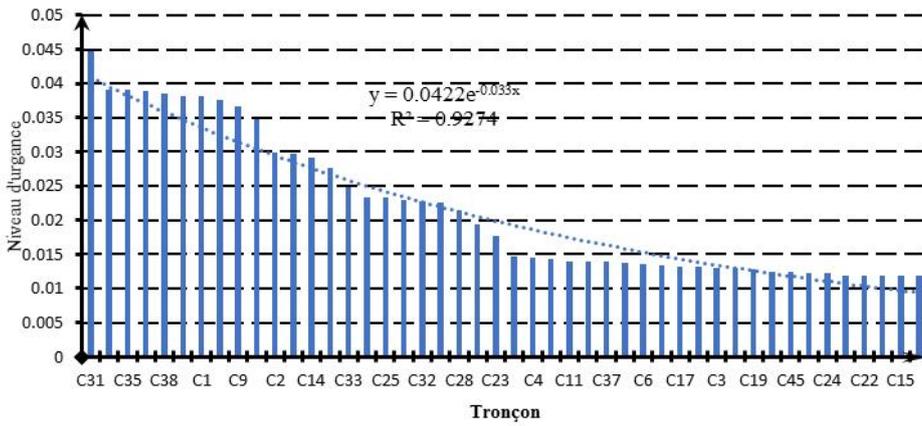


Figure 8 : ordres de priorités d'intervention pour chaque tronçon.

### Analyse de sensibilité

Nous avons procédé à une étude de sensibilité. L'analyse des résultats afin de tester la stabilité du modèle à l'aide de la variation des poids de façon tolérable et pour informer sur la capacité de la solution proposée de résister à celle-ci et à leurs impacts sur la décision.

### RESULTATS

Les résultats obtenus pendant L'analyse de sensibilité qui a été menée a montré que la solution de base présente une robuste excellence dans le cas où il existe une variation tolérable dans l'affectation des poids. Néanmoins, une diminution des poids de certaines sections par rapport à d'autre, ce qui engendre un léger changement du classement des ordres de priorités ci-après figure 9.

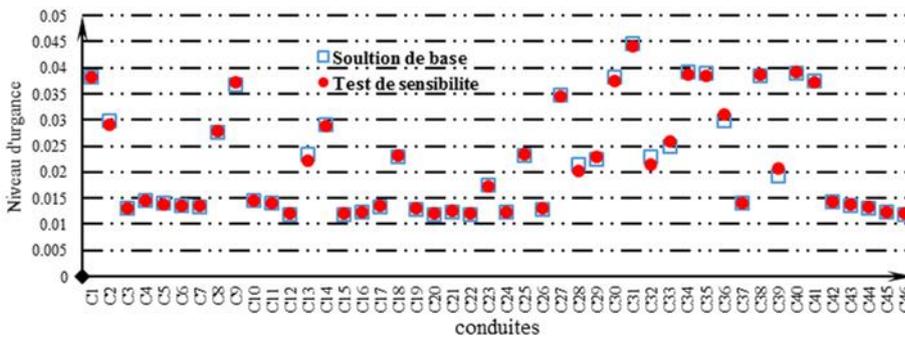


Figure 9 : résultats d'analyse de sensibilité.

## **CARTOGRAPHIE DES RESULTATS**

Une fois les résultats de la procédure d'analyse multicritère accomplis et clarifier le niveau d'urgence de chaque tronçon pour l'action de la maintenance. Il est donc indispensable d'exécuter l'étape d'intégration du SIG afin de générer une réelle progression dans la gestion du réseau.

L'apport du SIG nous a permis de caractériser la combinaison de tous ces derniers avec la base de données urbaine existante qui a pour objectif de faciliter les tâches des décideurs à la navigation sur les données du réseau, et de produire aussi une nouvelles famille de cartes thématiques appelées cartes des priorités d'intervention (figure 10.) et celle-ci comprend trois classes : basse, moyen et fort priorité à l'intervention.

La catégorie forte constituée par des actions décrétées urgence forte pour l'intervention, la catégorie moyenne regroupant les actions décrétées moyennes et la catégorie basse contenant les actions de faible urgence .donc Le décideur peut rejoindre les conduites prioritaires à l'action de la maintenance suivant l'ordre et la catégorie d'urgence et les couleurs.



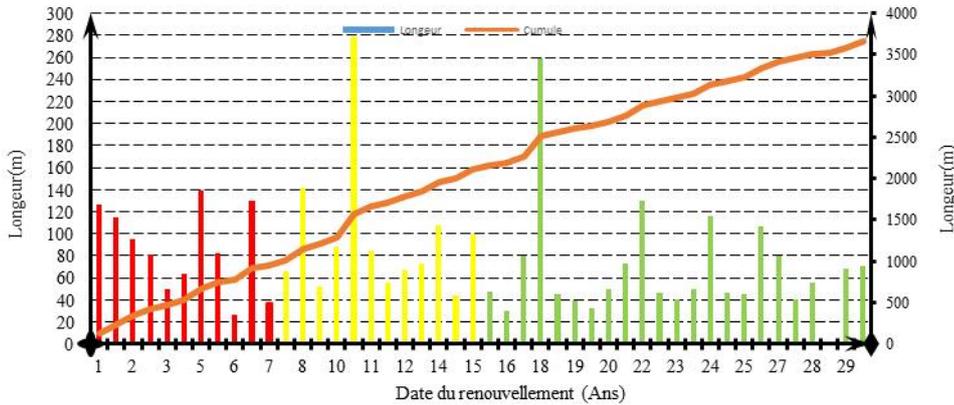
**Figure10** : Cartographie des résultats d'intervention.

### **Planification d'un programme du renouvellement à long terme**

Une fois que les conduites prioritaires à l'action de la maintenance ont été identifiées, une approche de décision pour le renouvellement du réseau qui respecte les critères exploités précédemment et intégrée dans un environnement qui tient en compte des contraintes d'insuffisance des ressources de financements permet d'orienter les décideurs à optimiser les budgets alloués.

La solution proposée consiste à animer pour un horizon de planification l'ordre chronologique des interventions de renouvellement, Pour cela nous avons tracé un diagramme (figure 11) qui présente la variation du niveau d'urgence par

ordre décroissant en fonction du temps de réhabilitation couplé par la suite avec la longueur de la conduite pour une opération de réhabilitation.



**Figure11** : Plan du renouvellement à long terme proposé.

## CONCLUSION

Le but de ce travail est de mettre en place un outil d'aide à la décision pour la gestion des réseaux d'eau potable. Afin de faciliter la complexité de la mission confiée au manager de la maintenance tout en réceptionnant un ensemble des critères (technique, économique, sociale) associés avec les objectifs de développement durable, ainsi que la stratégie du gestionnaire. À cette fin, nous avons couplé un ensemble de modèles et d'outils pour profiter des avantages qui offrent la méthode d'analyse multicritère (ANP). Et ce afin de gérer la complexité du monde de décision qui existe entre les critères avec la prise en compte des dépendances et des interdépendances entre les critères.

L'intégration de ces derniers avec le SIG et la modélisation hydraulique (EPANET) a renforcé le potentiel de décision à travers les capacités de stockage, de gestion, d'analyse et d'affichage du SIG ainsi que le bénéfice mené par la modélisation qui permet d'évaluer le fonctionnement hydrauliques actuelles et cela après l'application des interventions, de réhabilitation ou de remplacement.

L'application de la méthodologie proposée permet à tous les intervenants de prendre des décisions éclairées et de partager intelligemment l'information mais aussi d'enregistrer, traiter et enfin actualiser la base donnée urbaine qui existent. En outre, l'outil offre un programme de maintenance et d'investigations quotidiennes et multi annuelle en fonction de l'urgence à traiter.

En matière de perspective nous envisageons d'aborder dans le futur la prise en compte les outils statistiques pour la prévision de la date du renouvellement, toute en considérant l'historique existant de l'intervention.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

- AFNOR (2001). Norme européenne NF EN 13306 : Terminologie de la maintenance, Association Française de Normalisation, Paris
- ALEXANDRE O., ELNABOULSI J. (1996). Le Renouvellement des réseaux d'eau potable, Canadian Water Resources Journal.
- BCEOM/G2C (2008). Rapport de fonctionnement du réseau de la ville de SOUK AHRAS. Étude de diagnostic et de réhabilitation du système d'alimentation en eau potable De la ville de Souk-Ahras, 51p
- BLINDU I. (2004). Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de Chisinau par analyse spatiale et temporelle de dysfonctionnements hydraulique, Thèse doctorat, école nationale supérieur des mines Saint Etienne, France, 263p.
- BOGÁRDI I., FÜLÖP R. (2012). A space-time probabilistic model for pipe network reconstruction planning, Urban Water Journal, Vol. 9, n°5, 333–346
- BOUAMRANE, A. and al. (2012). Outil d'aide à la gestion et la maintenance des réseaux d'assainissement, troisième forum de l'eau Djerba (TUINISE) ,26 au 28 mars.
- CHARRAT M. (1995). Conception d'un outil de supervision de la production et de la distribution d'eau potable à Lyon en période courante et en période de crise, Thèse de doctorat, INSA Lyon, 278p.
- DELL'ORFANO F., ESPOSITO V., GUALTIERI P., PULCI DORIA G. (2013). Mean Values of Water Pipe Break Rate in the World and in Geographical Areas, 7th IWA International Conference on Efficient Use and Management of Water (Efficient 2013) Paris, France, 22-25 October.
- ELNABOULSI J., ALEXANDRE O. (1998). Le renouvellement des réseaux urbains d'eau potable: Une approche économique d'optimisation, Ingénieries – EAT, n° 15.
- ENGELHARDT M.O., SKIPWORTH P.J., SAVIC D.A., SAUL A.J., WALTERS G.A. (2000). Rehabilitation strategies for water distribution networks: a literature review with a UK perspective , Urban Water 2, 153-170
- GAUFFRE P., LAFFRECHINE K., BAUR R., POINARD D., HAIDAR H., SCHIATTI M. (2004). Aide multicritère aux décisions de réhabilitation d'un réseau d'eau potable, XXIIe Rencontres Universitaires de génie civil, Marne-La-Vallée, France.
- GRANGER D. , CARADOT N. , CHERQUI F., CHOCAT B. (2010). How to support sustainable urban water management strategies?, 7ème Conférence internationale sur les techniques et stratégies durables pour la gestion des eaux urbaines par temps de pluie, 27 juin - 1er juillet, Lyon, France
- HAIDAR H. (2006). Réhabilitation des réseaux d'eau potable: méthodologie d'analyse multicritère des patrimoines et des programmes de réhabilitation, Thèse doctorat, Institut National des Sciences Appliquées de Lyon, France,

227p.

- KASIRIAN M.N. ROSNAH M.Y., ISMAIL. M.Y. (2010). Application of AHP and ANP in supplier selection process-a case in an automotive company, *International Journal of Management Science and Engineering Management*, Vol. 5, n°2, 125-135.
- LE GAUFFRE P., BAUR R, LAFFRECHINE K., MIRAMOND M. (2002b). Multicriteria decision support for the annual rehabilitation programmes of water networks, *Proceedings Int. Conf. Decision Making in Urban and Civil Eng., DMUCE'2002 London (UK)*, 6-8 November 2002, ISBN 0904354474, 655-660.
- MONFRONT L. (2007). Réseau d'assainissement, gestion patrimoine et tuyaux en béton CERBI ISSN 0249-6224.
- NAFI A. (2006).: La programmation pluriannuelle du renouvellement des réseaux d'eau potable, Thèse doctorat Université Louis Pasteur, Strasbourg I, France, 232p.
- NOVOTNY V., BROWN P. (2007). *Cities of the future : Towards integrated sustainable water and landscape management*, ed. IWA, Londres (UK), 427p.
- POINARD D., LE GAUFFRE P., LAFFRECHINE K., HAIDAR H. (2005). Modélisation du vieillissement des réseaux d'eau potable, *Revue Européenne de Génie Civil*, Vol. 9, n°3, 415-428.
- SAATY T. (1990). How to make a decision: the analytic hierachy process, *European Journal of Operational Research*, Vol.48, 9-26.
- SAATY T. (1996). *Decision making with dependence and feedback: The Analytic Network Process*, WS publications, 4922 Ellsworth Avenue, Pittsburg, PA 15213.
- SAATY T. (2004). Fundamentals of the Analytic Network Process-Dependence and feedback in decision making with a single network, *Journal of systems science and systems engineering*, 129-157.