

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



DÉPARTEMENT D'Hydraulique

**Projet de Fin d'Études pour l'obtention du Diplôme
d'Ingénieur d'État en Hydraulique**

**DIAGNOSTIC DU RÉSEAU D'AEP D'ALGER À TRAVERS
UNE ANALYSE MULTICRITÈRES**

Proposé et encadré par :

Mr. SAIFI Farid

Mr. BENZIADA Salim

Réalisé par :

ASKRI Mohamed

SLOUGUI wassim

Promotion Juin 2011

ENP 10, Hacem-Badi, El-Harrach, 16200 Alger
Tel. 021.52.53.01-03, Fax. 021.52.29.73 www.enp.edu.dz

Remerciements

Nous remercions en premier lieu **Allah** le tout puissant qui nous a prêté vie, santé et volonté pour achever ce travail

Ensuite, nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos sincères remerciements à MR BENZIAD Salim notre promoteur à l'École Nationale Polytechnique d'Alger (ENP) et MR SAIFI Farid notre promoteur à l'Entreprise de l'Eau et de l'Assainissement d'Alger (SEAA).

Tout au long de ce travail, ils ont su nous apporter un soutien constant, une disponibilité, une écoute, une confiance et des conseils précieux et avisés à la hauteur de leurs compétences et de leurs réelles qualités humaines.

On adresse nos vifs remerciements à MR BERHAD Abdelmalak de nous avoir proposé plusieurs thèmes de projet de fin d'étude.

C'est avec un énorme plaisir qu'on formule notre gratitude et nos sincères remerciements à Mlle BENMMAMAR Saida pour nous avoir aidé à choisir notre thème et pour son aide.

Nos remerciements vont ensuite aux agents et employés de la SEAA pour leur disponibilité et conseils.

Un grand merci pour les ingénieurs du bureau d'étude de la SEAA de Garidi pour leur aide et pour les outils fournis.

Une pensée aussi pour Mlle BOUSSAFER Kamélia et MR AZZOUAW Fethi Ingénieurs à la SEAA et ex-élèves de l'ENP pour leurs conseils et leurs sympathies.

Un chaleureux remerciement pour les membres de notre groupe fictif « Hydrotech » avec qui nous avons bossé, et aussi aux enseignants de notre spécialité et de l'école à qui nous devons notre formation.

Et enfin, nous remercions les membres du jury qui ont bien voulu évaluer notre travail de fin d'études présenté dans ce mémoire.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail d'abord à mes très chers **parents** pour tous leurs sacrifices corps et âme afin de m'offrir le repos et le bonheur. Pour l'éducation qu'ils m'ont inculquée, pour leur soutien moral et matériel dont j'ai bénéficié à chaque fois que j'en ai eu besoin, pour l'amour et la tendresse qu'ils m'ont réservé et la patience et le dévouement qu'ils m'ont insufflés. Très chers parents, je ne vous remercierai jamais assez pour vos actes, j'éprouve un réel sentiment de fierté en étant votre enfant. Ensuite à mon très cher frère **Mehdi**, mes adorables sœurs **Hanane** et **Wided**, ma sympathique belle sœur **Ines**.

À toute ma **famille**.

À tout mes **amis**.... **MERCI**

WASSIM

Je dédie ce travail à mes **parents**, mes chers et tendres, nul remerciement ni sentiment de reconnaissance ne peut qualifier la grandeur de votre âme. Les mots ne me viennent hélas, pas aussi facilement pour que je puisse vous exprimer mon amour, et tout simplement le bonheur et la fierté que j'éprouve à être votre enfant.

À vous, mes **frères** et **sœurs**, ma source de bonheur, d'équilibre, de réconfort et d'amour.

À ma **famille**.

À mes **amis**..... **MERCI**

Mohamed

RESUME

Le but de ce travail cherche à proposer un outil d'aide à la décision pour le gestionnaire du service de l'eau, permettant d'assurer une gestion durable du réseau d'alimentation en eau potable (AEP), et de répondre aux besoins des consommateurs, tout en minimisant les coûts pour le service d'eau à court, moyen et long terme.

L'objectif est de fournir un programme capable d'identifier les interventions à opérer sur le réseau, et de les programmer dans le temps de manière annuelle et pluriannuelle, en prenant en compte un ensemble des critères du chaque conduites.

Mots clés : Diagnostic, Renouvellement, Analyse multicritère, Réseau d'AEP.

ملخص

الغرض من هذا العمل إيجاد أداة مساعدة على اتخاذ القرار من أجل المسيرين لشبكة المياه, من أجل ضمان تسيير مستمر لشبكة المياه الصالحة للشرب، و للإجابة على احتياجات الزبائن، و ذلك بخفض تكاليف شبكة المياه قصير، متوسط و طويل المدى.

الغاية من هذه الدراسة الحصول على برنامج قادر على توجيه التدخلات لإصلاح الشبكة، وبرمجتها حسب جدول زمني، مع الأخذ في الاعتبار خصائص كل قناة.

كلمات مفتاحية: كشف، تجديد، تحليل متعدد الخصائص، شبكة المياه الصالحة للشرب

Abstract:

The goal of this work seeks to propose a tool of decision-making aid for the manager of the service of water, making it possible to ensure a durable management of the network of drinking water supply (AEP), and to meet the needs for the consumers, while minimizing the costs for the service of water to short, average and long run.

The objective is to provide a program able to identify the interventions to be operated on the network, and to program them in time in an annual and multiannual way, by taking into account a whole of the criteria of each conduits

Key words: Diagnosis, Renewal, Analyze multicriterion, Réseau of AEP.

Tables des matières

Introduction générale	1
Chapitre I : Le contexte de SEAAL	3
1. Introduction	3
2. Organisation	3
2.1. Missions.....	3
2.2. Chiffres clés.....	3
3. Direction d'eau potable.....	4
3.1. La gestion de la ressource en eau.....	5
3.2. La maîtrise des volumes d'eau transfère.....	5
3.3. La gestion du réseau de distribution.....	6
3.4. La lutte contre le gaspillage.....	6
4. Le contrat avec suez environnement.....	6
5. Méthode.....	7
5.1. Suivi du plan d'actions.....	7
5.2. Formation, et Transfert de Savoir Faire.....	8
I.6. Résultats.....	9
I.5. Contexte du travail à réaliser.....	11
I.6. Conclusion.....	12
Chapitre II : Gestion et maintenance des réseaux d'AEP	13
1. Introduction	13
2. Techniques de nettoyage et de curage.....	13
2.1. Purge	14
2.2. Nettoyage par introduction d'un mélange air-eau	14
2.3. Hydro-curage par tête rotative	15
2.4. Nettoyage par racleur souple.....	15
2.5. Nettoyage mécanique	16
2.5.1. Tringlage mécanique	16
2.5.2. Raclage mécanique	17
3. Procèdes de réhabilitation des canalisations.....	18
3.1. Réhabilitation des réseaux.....	18
3.1.1. Définition et objectifs	18
3.1.2. Techniques de réhabilitation	19
3.1.2.1. Tubage avec espace annulaire	19
3.1.2.2. Tubage sans espace annulaire	20
3.1.2.3. Projection au mortier de ciment	21
3.1.2.4. Revêtement en resine epoxy	22
3.1.2.5. Le chemisage	23
4. Remplacement des réseaux	25
4.1. Définition et objectifs	25
4.2. Techniques de remplacement	25

4.2.1. Pose en tranchée ouverte	25
4.2.2. Pose sans tranchée	26
4.2.2.1. Forage / Fonçage	26
4.2.2.2. Remplacement après éclatement	27
4.2.2.3. Remplacement après extraction.....	29
4.2.2.4. Micro-tunnelier « mange-tube »	29
5. Coordinations des chantiers.....	30
5.1. Organisation de l'amenée et repli du matériel.....	30
5.2. La gestion inter-chantiers de la logistique.....	31
5. Conclusion.....	32
Chapitre III : Classification des critères.....	33
1. Introduction	33
2. Détermination des critères	33
3. Classification des critères	34
3.1. Classe 1 : Selon l'état	34
3.2. Classe 2 : Selon le type de critère	35
3.3. Classe3 : Selon l'importance du critère	36
4. Définition des différents critères	36
5. Conclusion	42
Chapitre IV : Analyse multicritères, pondération et agrégation.....	43
1. Introduction	43
2. Définition	43
3. Pondération des critères	44
3.1. Système d'information géographique	45
3.1.1. Définition du SIG.....	45
3.1.2. Les domaines d'application.....	45
3.1.3. Qu'est-ce que cela apporte.....	45
3.2. Extraction des données à partir du S.I.G via le logiciel ARCGIS	46
4. Travail réalisé	50
5. Les résultats.....	64
5.1. ILR en fonction du matériau.....	64
5.2. ILR en fonction de la gamme de diamètre.....	65
5.3. ILR en fonction du type	66
5.4. ILR en fonction de l'implantation.....	68
6. Audit des données	70
6.1 Absence de relation entre les différents organismes de collecte de données.	70
6.2. Défaillance dans la liste de données fournies	70
6.2.1. Défaillances globales (présentent dans toutes les données fournies)	70
6.2.2. Défaillances spécifiques (propre à chaque donnée)	74
7. Diagnostic de notre réseau	77
6. Conclusion.....	83
Chapitre V : Automatisation du programme de renouvellement.....	84
1. Introduction	84

2. Réalisation d'un programme informatique via le tableur Excel	84
2.1 .Tableau de l'ILR	85
2.2. Tableau de la gamme de diamètre	86
2.3. Tableau du matériau.....	86
2.4. Tableau de la qualité de l'eau	87
2.5. Tableau du schéma directeur	88
3. Exemple.....	90
4. Conclusion	96
Conclusion générale	97
Bibliographie.....	98

Liste des figures

Figure I-1 : <i>Systèmes AEP et de la Wilaya d'ALGER</i>	5
Figure I-2 : <i>Centre de télé-contrôle</i>	7
Figure I-3 : <i>Métiers WIKTI</i>	9
Figure I-4 : <i>Evolution de la desserte en eau de mai 2006 à mai 2010</i>	10
Figure I-5 : <i>Analyses bactériologiques</i>	11
Figure II-1 : <i>Etat d'une canalisation avant nettoyage</i>	13
Figure II-2 : <i>racleur souple</i>	15
Figure II-3 : <i>Tringlage</i>	17
Figure II-4 : <i>Raclage mécanique</i>	18
Figure II-5 : <i>Tubage simple</i>	20
Figure II-6 : <i>Revêtement EPOXY</i>	22
Figure II-7 : <i>Chemisage par gaine souple</i>	24
Figure II-8 : <i>Procédé par forage</i>	26
Figure II-9 : <i>Eclatement de l'ancienne conduite</i>	28
Figure IV-1 : <i>Ouverture d'une nouvelle feuille ArcGis</i>	46
Figure IV-2 : <i>Fenêtre du choix du fichier à ouvrir</i>	47
Figure IV-3 : <i>Visualisation de la carte du réseau d'AEP, des fuites et des ouvrages de la wilaya d'Alger</i>	47
Figure IV-4 : <i>Extraction des données présentent dans le fichier fuite</i>	48
Figure IV-5 : <i>Choix de la liste des données a retiré du fichier fuite</i>	48
Figure IV-6 : <i>Tableau contenant la liste des données choisies précédemment</i>	49
Figure IV-7 : <i>Recherche du fichier a exporté</i>	49
Figure IV-8 : <i>Sauvegarde du fichier exporté sous format dbf</i>	50
Figure IV-9 : <i>Tableau représentant la liste des données de toute la wilaya d'Alger</i>	51
Figure IV-10 : <i>Tableau représentant la liste des données concernant les fuites réparées par la SEAAL</i>	51
Figure IV-11 : <i>Carte représentant une partie des conduites de la wilaya d'Alger et leurs matériaux</i>	52
Figure IV-12 : <i>Insertion d'un tableau croisé dynamique</i>	53
Figure IV-13 : <i>Fenêtre représentant le tableau croisé dynamique</i>	53

Figure IV-14 : Choix des données à lister.....	54
Figure IV-15 : Changement du paramètre des données à lister.....	54
Figure IV-16 : Choix du paramètre des données à lister.....	55
Figure IV-17 : Tableau représentant le choix de données à lister après changement du paramètre	55
Figure IV-18 : Tableau représentant le nombre de fuite réparée par conduite.....	56
Figure IV-19 : Tableau du diagnostic réalisé.....	57
Figure IV-20 : Liste des paramètres à introduire pour l'utilisation de la fonction « recherchev ».....	58
Figure IV-21 : Résultats obtenus après l'utilisation de la fonction « recherchev ».....	58
Figure IV-22 : Correction du résultat obtenu par la fonction « recherchev » en utilisant la fonction « si ».....	59
Figure IV-23 : Résultats obtenus après l'utilisation de la fonction « si ».....	60
Figure IV-24 : Tableau regroupant les matériaux utilisés à l'aide du tableau croisé dynamique.....	61
Figure IV-25 : Image indiquant le nombre de fuites recensées par matériau	61
Figure IV-26 : Image représentant les longueurs des conduites par matériau.....	62
Figure IV-27 : Insertion d'un champ à calculé.....	62
Figure IV-28 : Insertion de la formule du champ à calculé.....	63
Figure IV-29 : Image représentant l'ILR par matériau.....	63
Figure IV-30 : Affichage du résultat de l'ILR par matériau.....	64
Figure IV-31 : Histogramme de l'ILR en fonction du matériau.....	65
Figure IV-32 : Histogramme de l'ILR en fonction de la gamme de diamètre.....	66
Figure IV-33 : Histogramme de l'ILR en fonction du type de fonctionnement.....	67
Figure IV-34 : Histogramme de l'ILR en fonction du type de fonctionnement généralisé...	68
Figure IV-35 : Histogramme de l'ILR en fonction de l'implantation.....	69
Figure IV-36 : Secteur représentant le pourcentage du nombre de conduites par matériau.....	71
Figure IV-37 : Secteur représentant le nombre de conduites par type de fonctionnement.	72
Figure IV-38 : Secteur représentant le nombre de conduites par région.....	74
Figure IV-39 : Différence entre le matériau déclaré dans le fichier AEP et fuite.....	75
Figure IV-40 : Différence dans le diamètre entre le fichier AEP et fuite pour une même conduite.....	75
Figure IV-41 : Apparition du nombre de conduites fuyardes et réparées non identifiées..	76
Figure IV-42 : Différence dans l'implantation entre deux mêmes communes.....	77
Figure IV-43 : Apparition des conduites à renouveler.....	79
Figure IV-44 : Carte représentant une partie des conduites à renouveler dans le réseau d'Alger.....	80
Figure IV-45 : Classement des conduites par priorité de renouvellement selon la notation des critères.....	81
Figure IV-46 : Carte représentant les conduites prioritaires au renouvellement.....	81
Figure IV-47 : Carte mentionnant la note globale de quelques conduites définissant ainsi le niveau d'urgence.....	82
Figure V-1 : Table de contrôle.....	85

Figure V-2 : Choix des paramètres de l'ILR.....	85
Figure V-3 : Choix des paramètres de la gamme de diamètre.....	86
Figure V-4 : Choix des paramètres du matériau.....	87
Figure V-5 : Choix des paramètres de la qualité de l'eau.....	88
Figure V-6 : Choix des paramètres du schéma directeur.....	89
Figure V-7 : Choix des prix en fonction du matériau et du diamètre.....	89
Figure V-8 : Choix des paramètres de l'ILR pour l'exemple explicatif.....	90
Figure V-9 : Choix des paramètres de la gamme de diamètre pour l'exemple explicatif...	91
Figure V-10 : Choix des paramètres du matériau pour l'exemple explicatif.....	91
Figure V-11 : Choix des paramètres de l'implantation pour l'exemple explicatif.....	92
Figure V-12 : Récapitulatif du choix des différents paramètres émis pour l'exemple explicatif.....	93
Figure V-13 : Résultats obtenus pour l'exemple explicatif.....	93
Figure V-14 : Etats des conduites de l'exemple explicatif.....	94

Liste des tableaux

Tableau IV-1 : ILR par matériau.....	65
Tableau IV-2 : ILR par gamme de diamètre.....	66
Tableau IV-3 : ILR par type de fonctionnement.....	67
Tableau IV-4 : ILR par type de fonctionnement généralisé.....	67
Tableau IV-5 : ILR par implantation.....	69
Tableau IV-6 : Pourcentage du nombre de conduite par matériau	71
Tableau IV-7 : Pourcentage du type par nombre de conduites.....	72
Tableau IV-8 : Pourcentage du nombre de conduites par implantation.....	73
Tableau IV-9 : pourcentage du nombre de conduites réparées par année.....	76
Tableau V-1 : Codification des critères.....	95

Introduction générale :

La mission d'un service public d'eau potable est définie comme devant assurer la production et la distribution d'eau potable en quantité et en qualité pour les besoins de la population. Ceci, doit tenir compte des capacités du système, de la réglementation en vigueur, de sauvegarde du patrimoine de la sécurité des usagers, du public et du personnel. Ces exigences nécessitent un bon dimensionnement du réseau mais également son maintien dans un état satisfaisant.

Mettre à niveau l'état et le fonctionnement des réseaux d'eau potable demande des gestionnaires qui doivent intervenir face au vieillissement : en rénovant les conduites existantes, en remplaçant certaines par de nouvelles, ou encore en installant de nouvelles conduites pour satisfaire la demande des nouveaux consommateurs ou pour renforcer la fiabilité d'un réseau.

Les objectifs de la gestion des réseaux sont multiples : éviter toute rupture du service (arrêt d'eau et nuisances engendrés, etc.), assurer la qualité du service rendu, limiter les pertes et enfin, maîtriser les coûts d'exploitation. Ce qui nous amène à mettre en œuvre une politique indispensable de maintenance, de réhabilitation voir le renouvellement des réseaux. Nous nous trouvons donc devant une problématique de gestion technique dont les enjeux sont très variés, ils peuvent être d'ordre économique, social, et environnemental.

Dans ce travail nous allons nous intéresser à la partie renouvellement des conduites constituant un réseau d'eau potable qui nécessitent d'entreprendre des interventions lourdes. Et cela, en moyens humains, matériels et financiers. Pour affiner l'ordre de priorités de ces interventions. Il est indispensable de réaliser un diagnostic pour déterminer l'état du réseau et pouvoir identifier les conduites les plus fragilisées pour pouvoir intervenir là où il le faut.

Pour se faire le gestionnaire doit s'appuyer sur des modèles et des outils d'aide à la décision existant et/ou à adapter au cas traité.

Le type de décision auquel nous nous intéressons dans le cadre de ce mémoire concerne la construction de programmes annuels et interannuels de renouvellement des réseaux d'eau potable. Et cela, par un développement d'une approche multicritère de décision.

Le document que nous soumettons à votre attention est structuré en cinq chapitres :

Au chapitre I sera présenté l'organisme d'accueil, ses objectifs et ses alliances. Il définit aussi globalement le contexte et le but de l'étude.

Le chapitre II portera sur des généralités concernant la réhabilitation et le renouvellement patrimonial des réseaux d'eau potable et les techniques adaptées usités.

Le chapitre III donnera les différents critères possibles pouvant intervenir dans une étude de diagnostic d'un réseau d'eau potable multicritères avec définition de chacun d'eux.

Introduction générale

Le chapitre IV présentera la méthodologie qui a été développée pour définir l'outil d'aide à la décision ainsi qu'une description détaillée de l'outil élaboré.

Enfin, le chapitre V traitera de la description détaillée de notre outil et son application à différents réseaux en incluant les principaux critères de renouvellement définis.

Chapitre I : Le contexte de SEAAL

I.1. Introduction

La Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger (SEAAL) est une société par actions (SPA) détenue par l'Algérienne Des Eaux (ADE) et l'Office National de l'Assainissement (ONA). Elle a pour mission la gestion des services de l'eau et de l'assainissement de la wilaya d'Alger.

Le contrat de management a été signé le 1 mars 2006 pour 5 ans et 6 mois entre SUEZ Environnement et SEAAL, Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger. Le contrat est le fruit d'une mobilisation des deux parties pour faire le diagnostic général de la situation à Alger. Cette première phase de consultation a été réalisée de 2002 à 2005, et a permis de déboucher sur des attentes précises, traduites sous la forme d'objectifs techniques et managériaux.

I.2. Organisation

La SEAAL regroupe plus de 4000 employés au sein des principales structures suivantes :

- Direction Générale : est chargée de la politique et des orientations générales. Elle assure ainsi la coordination de l'ensemble des directions.
- Directions opérationnelles :
 - ✓ Direction Exploitation Eau Potable comprenant :
 - La Direction Distribution ;
 - La Direction Production ;
 - ✓ Direction Assainissement ;
 - ✓ Direction Clientèle.
- Directions supports :
 - ✓ Direction Achats et Logistique
 - ✓ Direction Technique
 - ✓ Direction des Investissements
 - ✓ Direction du Patrimoine
 - ✓ Direction Finance et Comptabilité
 - ✓ Direction des Ressources Humaines
 - ✓ Direction de la Communication

I.2.1. Missions

Les principaux objectifs du SEAAL sont :

- Améliorer l'allocation et la distribution de la ressource en eau
 - ✓ Distribuer une eau de qualité quotidiennement sur l'ensemble de la Wilaya d'Alger (distribution 24h/24)
 - ✓ Assurer une gestion pertinente et durable de la ressource en eau
- Améliorer la prise en charge des eaux usées :
 - ✓ Fiabiliser le fonctionnement des réseaux des eaux usées d'Alger
 - ✓ Contribuer à l'amélioration de l'état du littoral algérois

- Améliorer la gestion du patrimoine :
 - ✓ Remettre à niveau les installations techniques
 - ✓ Développer une gestion exemplaire de l'eau et de l'assainissement sur Alger
- Améliorer la satisfaction du client vis-à-vis du service :
 - ✓ Mettre en place une gestion clientèle moderne et efficace

I.2.2. Chiffres clés :

Eau Potable :

- 4 320 km de réseau
- 12 centres d'exploitation distribution
- 9 centres supports exploitation distribution
- 246 forages
- 190 réservoirs, plus de 757 555 m³ stockés, presque 1 jour d'autonomie
- 58 stations de pompage
- 2 usines de traitement d'eau superficielle: (Boudouaou et SAA)

Assainissement :

- 3 115 km de réseau (estimation)
- 9 centres d'exploitation
- 4 stations d'épuration :
 - Gérées par SEAAL :
 - Beni Messous : 250 000 éq.hab.
 - Staoueli : 15 000 éq.hab.
 - Non gérées par SEAAL :
 - Baraki : 750 000 éq.hab. (après rénovation)
 - Réghaïa : 400 000 éq.hab.
- 32 postes de relevage

I.3. Direction d'eau potable

La progression du H24 sur structurée par la mise en œuvre du Plan d'Actions (Les 4 Clés du H24) élaboré par SEAAL en 2007.

- ✓ La gestion de la ressource en eau
- ✓ La maîtrise des volumes d'eau transférés
- ✓ La gestion du réseau de distribution
- ✓ La lutte contre le gaspillage

I.3.1. La gestion de la ressource en eau

Les ressources disponibles ont été considérablement accrues sur la période 2006-2009:

- Mobilisation significative de nouvelles ressources
 - Taksebt (18% de la production totale de l'année 3),
 - Station de Dessalement d'Eau de Mer du Hamma - 16% de la production totale de l'année 3).
- Renouvellement, réhabilitation et extension des forages de la nappe de la Mitidja
- Amélioration du taux de fonctionnement opérationnel de l'ensemble des ouvrages de production

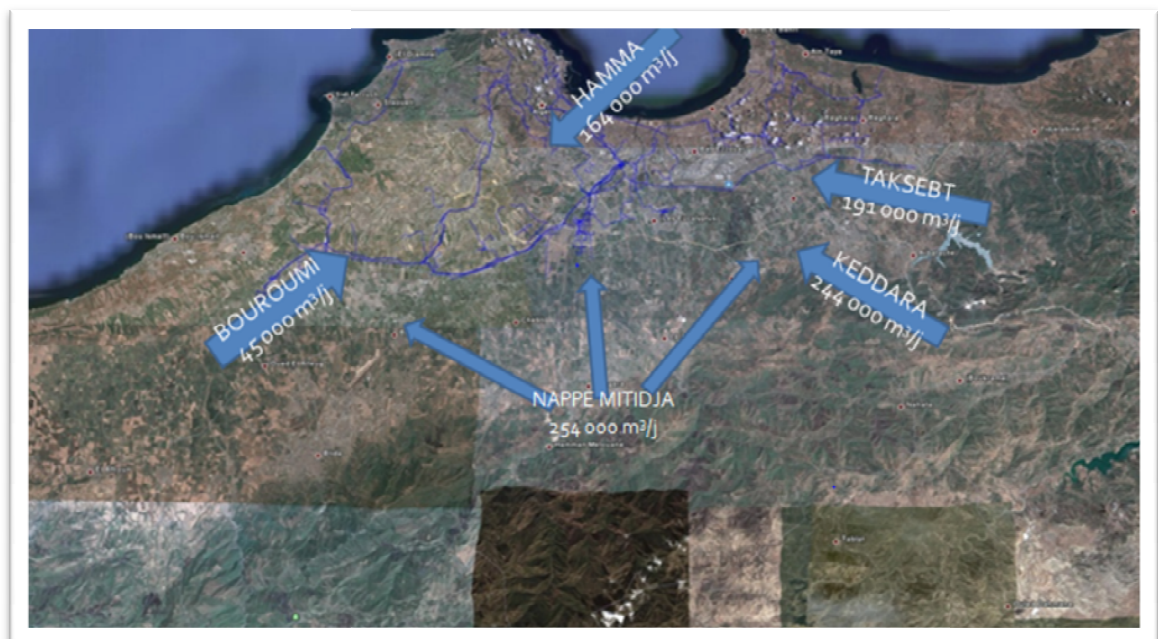


Figure I-1 : Systèmes AEP et de la Wilaya d'ALGER

I.3.2. La maîtrise des volumes d'eau transfère

La vision et la connaissance en temps réel des flux : À travers le Télécontrôle de Kouba a été l'opération innovante et marquante de ces trois dernières années.

Actuellement, 133 sites communiquent en permanence avec le Télécontrôle de Kouba à partir duquel une vingtaine de bilans sont générés en continu et consultables depuis tous les postes du réseau de SEAAL.

Ces informations permettent une grande réactivité en termes d'actions opérationnelles immédiates tant à la Direction de la Production qu'à la Direction de la Distribution.

Un bilan quotidien des volumes produits et mis en distribution dénommé « Check-list » est analysé chaque matin, afin d'engager des actions correctives, de cibler les études pour des zones qui peuvent apparaître comme critiques et d'orienter utilement les plans d'actions structurants.

I.3.3. La gestion du réseau de distribution

Le programme de distribution, mis en place historiquement à Alger pour assurer une équité de la distribution vis-à-vis de tous les Algérois, dans un premier temps, fait l'objet d'un effort de régularité. Des plans d'actions ont été mis en place à cet effet, assortis d'indicateurs de respect des programmes.

C'est un facteur majeur de la confiance que la population algéroise a progressivement accordée à SEAAL.

Cette confiance a été confortée par une stratégie d'amélioration continue et non réversible, avec le choix de ne renforcer le programme de distribution d'un secteur que lorsque tous les éléments étaient réunis pour le garantir durablement. Une parfaite illustration de cette stratégie de prudence est illustrée par le passage en H24 pour l'étage haut de Bouzareah, différé à juillet 2008, date avant laquelle le H24 aurait été possible mais instable.

I.3.4. La lutte contre le gaspillage

Ce 4ème volet du H24 s'inscrit dans le cadre du plan d'actions « Eaux Non Facturées » (ENF), piloté conjointement par les Directions Exploitation Eau, Clientèle et Technique.

Il se décline sur le terrain selon deux leviers majeurs : la lutte contre le gaspillage sur réseau public et l'éradication des gaspillages en domaine privé.

I.4. Le contrat avec suiez environnement

L'objectif principal du contrat est le Transfert de Savoir Faire, selon une méthodologie globale mise en place par SUEZ Environnement.

Les financements alloués à SEAAL à travers le contrat de management par l'Etat Algérien ont pour but de doter Alger d'un service des eaux et de l'assainissement pérenne et exemplaire. Le programme d'investissements financé par les Autorités Algériennes est, à cet effet, ambitieux: 35 Milliards de Dinars (soit 370 Millions €) en 5 ans.

Outre la remise à niveau du service, les actionnaires, l'ADE et l'ONA, attendent de ce contrat un transfert effectif du savoir-faire de SUEZ Environnement à l'ensemble du personnel SEAAL. Ce transfert se fait en partie par la mise à disposition de 27 experts de Suez Environnement, acquis aux expériences internationales, sur la durée du contrat.

Les missions d'Assistance Technique spécifiques réalisées en fonction des besoins de SEAAL font également partie intégrante de cet objectif. Il s'agit majoritairement de missions d'appui, à caractère opérationnel ciblé et de courte durée.

Enfin, au de là des moyens humains, des équipements de haute technologie ont été déployés pour aider à la réalisation des objectifs techniques (centre de télé-contrôle (figure 2), modulation de pression, modélisation de nappe souterraine).



Figure I-2: Centre de télé-contrôle

I.5.Méthode

I.5.1. Suivi du plan d'actions

Les objectifs techniques et managériaux sont déployés au sein d'un plan d'actions détaillé, et suivi à l'aide d'un chronogramme actualisé trimestriellement.

Chaque mois, un rapport d'activités est remis à la partie algérienne. Il présente les progrès réalisés grâce à des indicateurs de suivi, et un descriptif des actions mises en œuvre. Il mentionne également les difficultés éventuellement rencontrées dans le déploiement du plan d'actions.

Ce rapport d'activités fait l'objet d'un échange et permet ainsi à la partie algérienne de commenter les résultats obtenus, et de réévaluer le cas échéant les objectifs à atteindre. Au terme de chaque année, une synthèse de l'avancement du plan d'actions de SEAAL est constituée pour chaque domaine d'activités (exploitation eau potable, assainissement, travaux de renouvellement, gestion commerciale, nouveaux objectifs et principaux projets, transfert de savoir-faire, aspects financiers relatif aux investissements contractuels Eau et Assainissement).

Cette synthèse donne une mesure de l'évolution sur des indicateurs précis, et permet de situer l'avancement des progrès en regard du plan d'actions prévu.

I.5.2. Formation, et Transfert de Savoir Faire

L'accès au Savoir Faire de Suez Environnement ainsi que son transfert aux agents de SEAAL constitue un objectif important du contrat de SEAAL. L'accès aux connaissances et le transfert de savoir-faire proprement dit sont organisés selon les grands axes suivants :

- Implication des Experts et Managers de SUEZ Environnement à la loi au niveau de l'encadrement opérationnel des activités et du transfert de savoir-faire vis-à-vis du personnel et de leurs « binômes » locaux
- Accès aux bases de données et partage de la connaissance de SUEZ Environnement (comités D'expertise métier, et autres réseaux)
- Remise de livrables (bases de données techniques, études, rapports, etc.)
- Mise en place de cycles de formation managériaux et métiers
- Mise en œuvre d'une démarche structurée d'évaluation du Savoir Faire chez SEAAL: WIKTI

Le déploiement du programme WIKTI de Transfert de Savoir Faire de Suez Environnement est prévu sur toute la durée du contrat. C'est une démarche structurée et innovante qui mesure l'évolution du niveau de maîtrise par les équipes, pour les 36 métiers (opérationnels ou support) qui constituent l'activité quotidienne de SEAAL.

- Eau potable : 12 métiers
- Assainissement : 8 métiers
- Clientèle : 7 métiers
- Support : 9 métiers





































EAU POTABLE		ASSAINISSEMENT		CLIENTÈLE		SUPPORT	
	GESTION DE LA RESSOURCE		VISITE DU RÉSEAU		GESTION FICHER CLIENT		COMPTABILITÉ / CONTRÔLE DE GESTION
	EXPLOITATION DES STATIONS DE TRAITEMENT		CURAGE DU RÉSEAU		GESTION DU PARC COMPTEURS		DROIT / FISCALITÉ
	MAINTENANCE ÉLECTRO-MÉCANIQUE		CONNAISSANCE HYDRAULIQUE		RELEVÉ DES COMPTEURS		INFORMATIQUE
	LABORATOIRE & CONTRÔLE		ENTRETIEN DES POSTES DE RELEVEMENT ET DE REFOULEMENT		FACTURATION / ENCAISSEMENT / RECOURS		GESTION DU PERSONNEL
	GESTION DES ADDUCTRICES		EXPLOITATION DES STATIONS D'ÉPURATION		ACCUEIL CLIENTÈLE		RESSOURCES HUMAINES FORMATION
	GESTION DES RÉSERVOIRS		LABORATOIRE ASSAINISSEMENT / ENVIRONNEMENT		GESTION DES DOSSIERS DE NOUVEAUX BRANCHEMENTS		GESTION DE CRISE
	GESTION DES FLUX		CARTOGRAPHIE DU RÉSEAU D'ASSAINISSEMENT		INFORMATION COMMUNICATION		PRÉVENTION / HYGIÈNE & SÉCURITÉ
	ENTRETIEN DU RÉSEAU SECONDAIRE		RÉALISATION DES BRANCHEMENTS ET TRAVAUX				ENTRETIEN BÂTIMENT / SERVICES GÉNÉRAUX
	RECHERCHE DE FUITE						LOGISTIQUE VÉHICULES OUTILLAGE / MAGASIN
	RÉALISATION DES BRANCHEMENTS ET TRAVAUX						
	CARTOGRAPHIE DU RÉSEAU						
	RENOUVELLEMENT DU RÉSEAU						

Figure I-3: Métiers WIKTI

Tous les métiers WIKTI sont documentés. Autrement dit, à chaque fonction est attribué un kit métier. Celui-ci décrit les tâches des intervenants avec des rappels techniques pour les orienter afin de mener à bien leurs fonctions.

Une liste de règles de base est définie dans chaque kit métier.

L'évaluation de la maîtrise d'un métier repose sur un système de notation (de 1 à 6), citons les trois principales notes :

- 1 : service très défaillant
- 3 : service de standard international, mature et autonome
- 6 : Niveau de leadership international

Se basant sur les règles de base, un ajustement de la notation est réalisé tous les trimestres.

Chaque métier est représenté par un référent métier qui a en charge l'établissement et le suivi des plans d'actions pour améliorer la maîtrise du métier dont il est en charge.

I.6. Résultats

Des progrès significatifs ont été apportés depuis 2006 pour améliorer la distribution d'eau grâce à une série d'actions prioritaires et coordonnées telles que, par exemple :

- la création des modèles de gestion des ressources.
- La remise en état et la fiabilisation de la production d'eau souterraine
- Le renouvellement de réseau à un rythme de 50 km / an
- l'accélération de la recherche de fuites (plus de 25 000 en 2007) et la diminution drastique du délai moyen d'intervention (désormais <2 jours)

- La mise en œuvre de la modulation de pression Jour / Nuit sur certains quartiers d'Alger
- la mise en place d'une coordination opérationnelle entre services Production / Distribution / Direction Technique.

Ces actions, conjuguées à un effort considérable et simultané des pouvoirs publics algériens pour renforcer les ressources en eau, ont permis de faire passer la desserte en eau 24 heures/24 de 8% de la population en début de contrat à plus de 60% été 2008. (Figure 4).

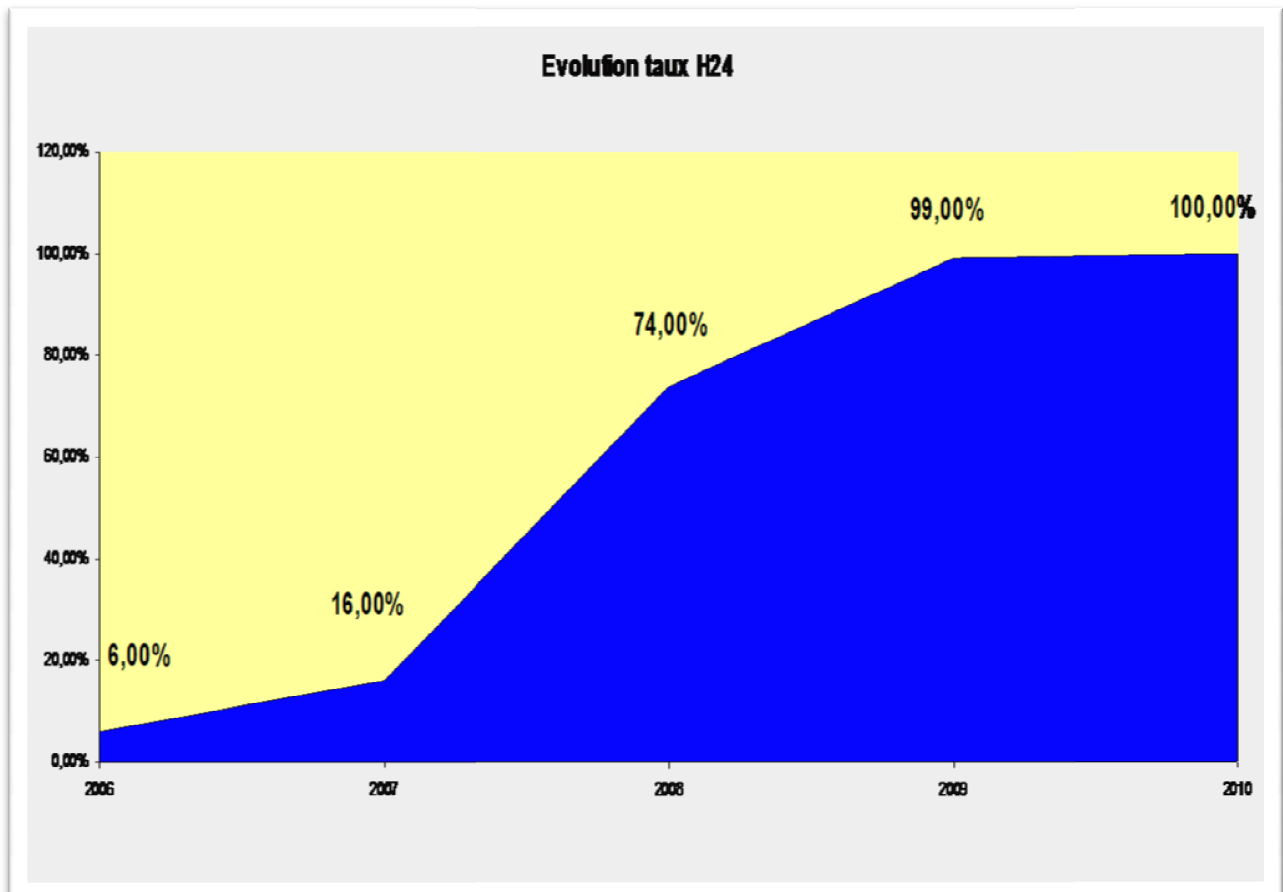


Figure I-4 : Evolution de la desserte en eau de mai 2006 à mai 2010

SEAAL a renforcé sa politique de contrôle de la qualité de l'eau en multipliant par plus de 10 les tests de chlore au quotidien sur des points fixes (laboratoire central) et sur des points mobiles (en fonction des incidents).

- La qualité de l'eau est désormais conforme aux standards internationaux (plus de 99% de conformité bactériologique).

Le service de l'assainissement s'améliore progressivement :

- Les « points critiques » et les risques majeurs sur le réseau d'assainissement sont maîtrisés. Les intempéries de novembre 2007 n'ont pas créé de dysfonctionnement majeur du système d'assainissement

- La qualité des eaux de baignade a été améliorée, permettant la réouverture au public de 10 plages supplémentaires.
- Les compétences se développent conformément au plan de formation : L'indicateur de maîtrise des métiers progresse comme prévu et 105000 heures cumulées de formation ont été dispensés depuis 2006.

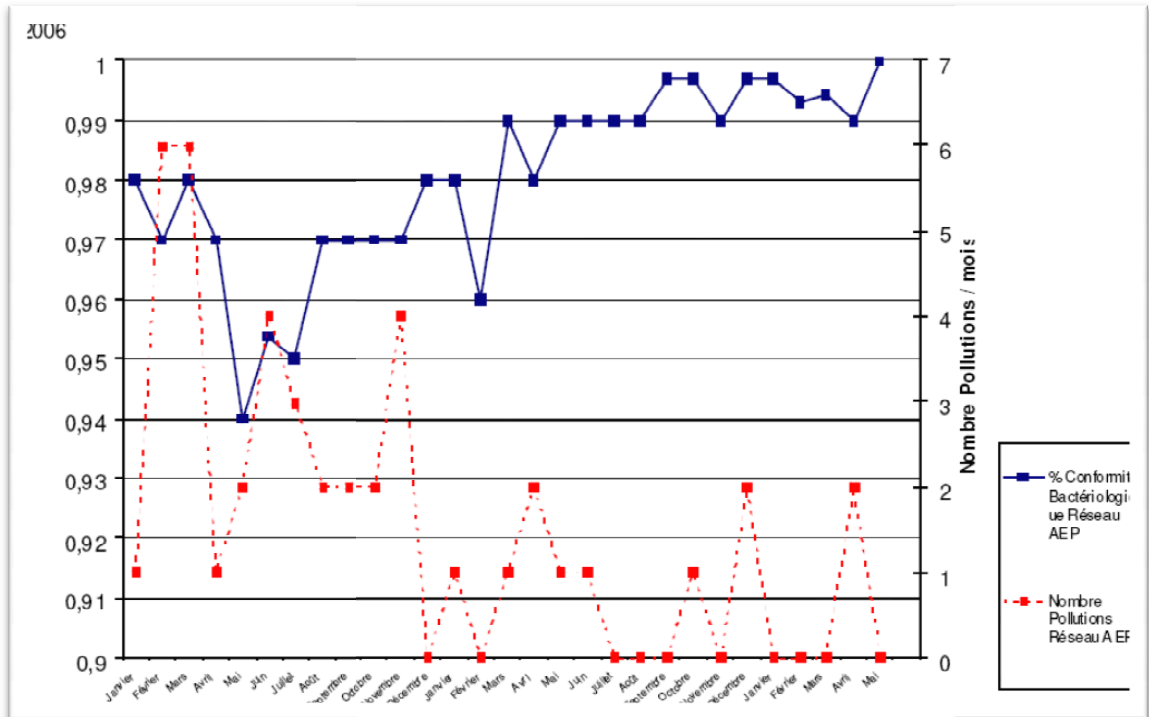


Figure I-5: Analyses bactériologiques

I.5. Contexte du travail à réaliser

SEAAL souhaite optimiser son programme de renouvellement du réseau AEP. Pour cela il faudra répondre à deux questions :

- Quelles conduites renouveler ?

Les causes de renouvellement sont nombreuses. L'état du réseau nécessite de faire des priorités. Une analyse multicritères devra répondre à cette question.

- Comment renouveler ?

Cela sous entend les Techniques de Réhabilitation et de renouvellement des conduites d'eau potable à mettre en œuvre en fonction des différent contextes à prendre en compte.

I.6. Conclusion

Afin de pouvoir répondre à ces questionnements, nous allons aborder et traiter en premier lieu un aperçu général sur les modes de Gestion et de maintenance des réseaux d’Alimentation en Eau potable.

Chapitre II : Gestion et maintenance des réseaux d'AEP

II.1. Introduction

La valeur totale des conduites d'une distribution d'eau représente près de 80 % des investissements totaux. La durée de vie de l'enveloppe proprement dite d'une conduite peut atteindre ou dépasser le siècle. Un réseau vieillit surtout par la détérioration des parois internes par corrosion ou incrustations (ces dernières pouvant être elles-mêmes la conséquence de phénomènes de corrosion).

II.2. Techniques de nettoyage et de curage

Les dépôts et incrustations épaisses, formées sur les parois internes de la canalisation peuvent parfois atteindre des niveaux spectaculaires comme le montre la photographie ci dessous.



Figure II-1 : *Etat d'une canalisation avant nettoyage (Source AXEO)*

Les techniques de nettoyage et de curage peuvent intervenir à différents stades de l'exploitation d'un réseau d'eau potable :

- opération classique d'entretien pour éliminer les dépôts et incrustations épaisses, formées sur les parois internes de la canalisation

- opération précédant toute technique de réhabilitation, dans le but de préparer la canalisation à recevoir ce type de travaux.

Toutefois, l'opération de nettoyage n'est possible que si la canalisation supporte les pressions engendrées, c'est-à-dire si le nombre de fuites recensées n'est pas élevé. En effet, il est inutile de nettoyer une canalisation sur laquelle une intervention ultérieure est à prévoir pour réparer les fuites engendrées par ce nettoyage. (C.AJUSTE, 2004)

Les principales techniques de nettoyage sont donc :

- purge
- nettoyage par introduction d'un mélange air-eau
- hydro-curage par tête rotative
- nettoyage par racleur souple
- nettoyage mécanique

II.2.1. Purge

L'objectif est l'élimination des dépôts boueux ou oxydes peu incrustants.

La mise en œuvre, simple et peu onéreuse, consiste après isolement du tronçon à nettoyer, à ouvrir en bout de ce réseau une vidange ou un poteau d'incendie.

L'accélération de la vitesse de déplacement de l'eau dans la conduite permet une élimination satisfaisante de ces dépôts.

Cette méthode ne s'applique généralement qu'à des conduites dont le diamètre est inférieur ou égal à 100 mm.

II.2.2. Nettoyage par introduction d'un mélange air-eau

La limite de la purge des conduites réside dans la difficulté à générer des débits et des vitesses d'écoulements convenables dans les conduites de diamètre moyen ou grand, dans les zones de faible pression ou encore dans les conduites tuberculisées (fonte grise, fonte ductile, etc.).

Le nettoyage eau-air-eau est une technique développée qui permet de palier cette difficulté.

La méthode consiste à injecter de l'air filtré par saccades dans la conduite par une bouche d'incendie. Cet air injecté se déplace à travers le courant d'eau et y provoque de la turbulence. Chaque bulle qui se déplace est suivie d'un vide qui se remplit immédiatement avec l'eau environnante. Ce phénomène provoque un effet de pulsion de l'eau de rinçage, entraînant pratiquement tous les dépôts amovibles de la conduite. L'air et l'eau y compris les dépôts solides sont éjectés à une bouche d'incendie se trouvant à l'autre extrémité de la conduite nettoyée. L'objectif de cette méthode est d'enlever les dépôts solides sans enlever ou endommager la corrosion incrustée, car il s'agit uniquement d'améliorer la qualité de l'eau.

II.2.3. Hydro-curage par tête rotative

L'objectif est d'éliminer superficiellement les dépôts facilement décrochables, La technique consiste à introduire dans les conduites une tête rotative d'hydro-curage, procédé largement utilisé dans le cas de curage de canalisation assainissement.

Elle nécessite la mise hors service du tronçon à traiter ; une excavation est réalisée au départ de la partie de conduite à nettoyer.

Une coupe suffisante de la conduite est réalisée pour permettre l'introduction de la tête rotative.

Avant la remise en route du tronçon, une purge du réseau traité est nécessaire afin d'évacuer toutes les particules décrochées.

II.2.4. Nettoyage par racleur souple

L'objectif est d'éliminer les dépôts boueux et oxydes de manganèse, parfois conjugués avec des oxydes de fer. Cette technique est généralement utilisée pour la réhabilitation de conduite en fonte sans dépôt dur.

Cette technique utilise un bouchon racleur dont le corps est constitué d'une mousse de polyuréthane souple, qui présente à l'avant une forme ogivale.



Figure II-2: racleur souple (Source AXEO)

Les racleurs souples sont fabriqués en mousse polyuréthane très élastique et solide. Le revêtement en polyuréthane élastomère est très résistant à l'usure et augmente considérablement l'effet raclant de l'obus dans la conduite. Le corps est recouvert d'un revêtement plastifié, éventuellement muni de bandes abrasives au carbure de silicium. Les racleurs peuvent traverser sans peine les espaces étroits, les coudes et les vannes.

Deux excavations sont réalisées afin de sectionner la canalisation pour installer une gare d'introduction et de réception. Au niveau de la gare, le racleur est introduit dans la canalisation, et est propulsé à l'intérieur de celle-ci par l'eau sous pression. Le racleur est légèrement surdimensionné par rapport au diamètre de la canalisation. Sous l'effet de la pression, le corps se comprime longitudinalement et s'expande radialement de toute sa surface contre la paroi de la conduite, assurant ainsi une étanchéité et un raclage forcé.

L'opération peut être renouvelée par passes successives (4 ou 5 fois) avec des racleurs présentant des possibilités de raclage de plus en plus importantes jusqu'à obtenir le résultat escompté.

Ensuite, sont réalisées une désinfection du réseau, un rinçage, la dépose des gares et la remise en service de la canalisation.

Le racleur arrive parfois à se coincer dans la canalisation, ce qui n'est pas le cas avec l'utilisation d'une forme, dite « goutte » ou « boule ». L'efficacité de cette dernière technique est cependant moindre.

Il est possible de nettoyer en un seul tronçon des linéaires pouvant atteindre jusqu'à 10000 fois le diamètre nominal de la conduite. Les diamètres traités vont de 40 à 800 voire 1200 mm

II.2.5. Nettoyage mécanique

L'objectif est le détartrage et l'élimination d'une part importante des nodules de fer résistants, ainsi que des dépôts boueux et oxydes de manganèse.

Deux méthodes différentes peuvent être citées :

- Tringlage mécanique
- Raclage mécanique.

II.2.5.1. Tringlage mécanique

Cette technique met en œuvre dans la canalisation un outil racleur en acier, de forme spéciale, celui-ci est entraîné en rotation et poussé de l'extérieur par l'intermédiaire de tringles flexibles en acier.

Lors du passage de l'outil, les particules sont détachées de la conduite, broyées puis évacuées par un courant d'eau venant à contre sens de la marche de l'outil, assuré par l'ouverture d'une vanne en aval de l'excavation de départ.

Cette technique nécessite l'exécution d'une excavation, afin de sectionner la conduite et permettre ainsi l'introduction de l'outil racleur.

La remise en eau intervient après désinfection de la conduite et rinçage.

La longueur qui peut être traitée en une seule fois par cette technique (distance entre la gare d'entrée et la gare de sortie) est égale 300 mètres au maximum.



Figure II-3 : *Tringlage*(Source AXEO)

II.2.5.2. Raclage mécanique

Cette technique met en œuvre un outil de ramonage mû par l'eau du réseau, refoulé à fort débit (70 l/s pour une conduite de refoulement). Ce débit assure à la fois la progression de l'appareil, le décollage des dépôts et l'évacuation des particules détachées.

L'appareil est constitué :

- d'un propulseur qui assure la progression de l'outil dans la conduite et le décollage des dépôts,
- des couteaux qui procèdent au raclage de la canalisation et orientent vers la paroi des jets d'eau, projetés par le propulseur,

Un détecteur électronique peut aussi être intégré afin de permettre la localisation de l'appareil en cas de blocage dans la conduite. Il semble cependant préférable de disposer, lors des opérations de raclage, des opérateurs munis de sondes acoustiques sur le parcours du racleur.

Cette dernière technique permettra, dans la plupart des cas, une détection fiable de la position du racleur bloqué.

La mise en œuvre de l'appareil nécessite l'exécution d'excavations aux extrémités de chaque tronçon à nettoyer.

L'appareil est introduit par le biais d'une gare dans la conduite, alimentée en eau par l'intermédiaire de pompes moyenne pression.

A l'extrémité du tronçon, la conduite est sectionnée pour permettre l'écoulement des eaux chargées en particules et la sortie de l'outil.

Il est à noter, qu'après la sortie de l'appareil, il n'est pas nécessaire d'effectuer un rinçage, la longueur qui peut être traitée en une seule fois par un racleur mécanique (distance entre la gare d'entrée et la gare de sortie) est égale à 10000 fois le diamètre de la canalisation à traiter.



Figure II-4 : Raclage mécanique (Source AXEO)

II.3. Procèdes de réhabilitation des canalisations

Une fois le tronçon à risque identifié, le choix entre des travaux de réhabilitation ou de renouvellement se pose. Cette stratégie de décision dépend donc :

- de la nature du dysfonctionnement constaté et de l'état du tuyau
- de l'opportunité : incidence sur l'environnement, bruit, fouille, ...
- des contraintes locales : réfection des sols, densité des branchements, durée envisageable de la coupure d'eau, largeur et encombrement de la voie, ...
- des coûts financiers du projet : coûts directs, coûts indirects (travaux nécessaires à l'exécution de l'ouvrage principal) et surtout les coûts sociaux (bruit, risque d'accident, perte d'exploitation des commerces...), difficilement évaluables.

II.3.1. Réhabilitation des réseaux

II.3.1.1. Définition et objectifs

Par définition, la réhabilitation consiste en une remise en état d'une conduite dégradée en vue de restituer les propriétés initiales ou bien d'en améliorer certaines. La réhabilitation de réseaux doit impérativement apporter :

- une technique performante et garantie ;
- une économie significative par rapport à la pose de canalisation en tranchée

- une faible gêne de l'environnement.

II.3.1.2. Techniques de réhabilitation

Les techniques de réhabilitation existantes sont nombreuses. Pour la plupart, elles sont spécifiques à un problème donné et à l'objectif visé : restructuration, consolidation, rétablissement de bonnes conditions hydrauliques d'écoulement, étanchement, ...

Les procédés de réhabilitation abordés concernent principalement les conduites non visitables :

- Tubage :
 - ✓ tubage sans contact ;
 - ✓ tubage à contact uniforme ;
- Chemisage ou revêtement par membrane ;
- Projection au mortier de ciment ;
- Revêtement en résine époxy.

Pour chaque procédé de réhabilitation, une fiche technique précise le domaine d'application et les critères de choix en fonction de l'état du réseau et des contraintes environnementales.

II.3.1.2.1. Tubage avec espace annulaire

L'objectif du procédé par tubage est d'insérer dans l'ancienne conduite un tube partiellement ou entièrement structurant, selon qu'il participe plus ou moins à la reprise des contraintes de pression, de remblai et des charges roulantes.

Cette technique consiste à utiliser la conduite en place comme fourreau pour le passage d'une nouvelle canalisation (principalement PEHD). Celle-ci, dont les dimensions extérieures sont inférieures au diamètre de la conduite existante peut, éventuellement, réduire de manière significative le diamètre de la conduite. Cela peut d'ailleurs constituer un atout lorsque l'on veut réduire le temps de séjour dans une partie du réseau de distribution.

Après tubage, l'espace annulaire entre l'ancienne et la nouvelle conduite pourra être comblé par injection d'un coulis de ciment qui a pour rôle de transmettre les sollicitations extérieures sur la nouvelle conduite.

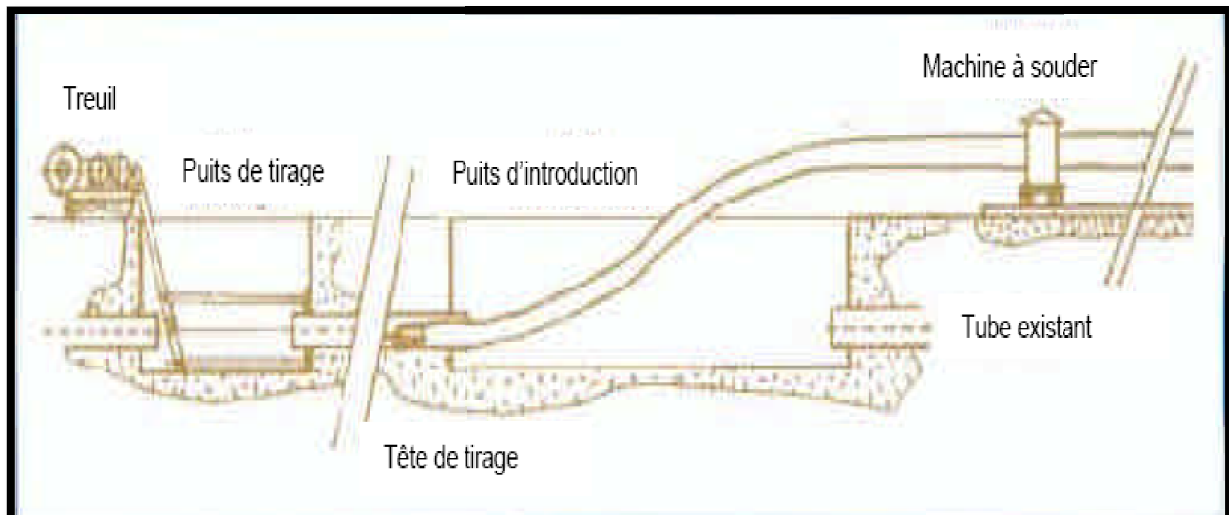


Figure II-5 : Tubage simple (Source AXEO)

Opérations préalables nécessaires :

- ✓ inspection vidéo préalable
- ✓ nettoyage de la conduite
- ✓ vérification du diamètre intérieur de la canalisation, des points singuliers, des déviations angulaires et des réductions de section par le passage d'un gabarit

Avantage :

- ✓ puits de travail peu nombreux
- ✓ exécution rapide : 1 à 2 tronçons par semaine
- ✓ perturbations urbaines limitées
- ✓ pas de vide annulaire pour la conduite rénovée
- ✓ amortissement des coûts de béliers

Limite :

- ✓ nécessité d'ouvertures locales pour les réductions de diamètres, les changements de direction, les prises de branchement
- ✓ la diminution du diamètre intérieur peut parfois être une limite. Elle peut aussi être un atout si une diminution du temps de séjour dans une partie du réseau de distribution est nécessaire.

Domaine d'application :

- ✓ à ce jour, cette technique est applicable aux tronçons ayant des diamètres allant jusqu'à 1400 mm et pouvant atteindre jusqu'à 1500 m de longueur environ. La limite est liée, en fait, à la longueur du câble du treuil et à la puissance de ce dernier.

II.3.1.2.2. Tubage sans espace annulaire

Cette technique, qui consiste à réaliser un chemisage de la conduite à réhabiliter par enfilage d'un tube pré-déformé en PEHD (polyéthylène haute densité) se plaquant à l'intérieur de la canalisation en place, sans laisser de vide annulaire.

Contrairement à la méthode précédente, la diminution du diamètre de la conduite n'est pas significative, car sous l'action d'air sous pression et de vapeur, la nouvelle canalisation est plaquée sur l'ancienne.

Opérations préalables nécessaires :

- ✓ nécessité de travaux de nettoyage et passage de gabarit

Avantage :

- ✓ rapidité d'exécution
- ✓ peu de perturbations des sites
- ✓ adapté au tubage de conduites rectilignes

Limite :

- ✓ nécessité de puits de travail pour l'insertion et pour le tirage
- ✓ nécessité de traiter en tranchée ouverte pour les changements de direction, les réductions de diamètre, les prises de branchement
- ✓ grosses implantations de chantier

Domaine d'application :

- ✓ aucune limite de diamètre

II.3.1.2.3. Projection au mortier de ciment

Le principe de cette technique non structurante consiste en l'application, par centrifugation d'un mortier de ciment dans les conduites métalliques, en fonte ou acier.

Ce revêtement d'épaisseur constante (5 à 6 mm pour les conduites fontes, variable pour les conduites acier suivant leur âge et leur état sera d'au moins 6 mm), est immédiatement lissé par un outil approprié.

Opérations nécessaires :

- avant remise en eau :
 - ✓ nettoyage et curage de l'ancienne conduite, au préalable
 - ✓ contrôle du durcissement
- après remise en eau :
 - ✓ vigilance, après remise en eau, de la qualité (goût, résidus de matière, ...), procéder à des rinçages

Avantage :

- ✓ cadence d'application élevée
- ✓ grande compacité et forte résistance à la compression du mortier de ciment
- ✓ passivation du métal due à l'alcalinité du mortier de ciment

Limite :

- ✓ déconseillé pour les eaux de basse alcalinité et pour les eaux très douces
- ✓ capacité hydraulique réduite dans les petites canalisations
- ✓ difficile à mettre en œuvre pour les petits diamètres
- ✓ limité à des tronçons ne comportant pas de ramification ni de branchement qui seraient obstrués par le mortier

Domaine d'application :

- ✓ applicable aux canalisations métalliques ayant conservé une bonne tenue mécanique en dépit d'une forte corrosion de leur paroi interne (une étude métallographique est réalisée pour confirmer l'état mécanique des canalisations)
- ✓ applicable aux conduites allant de 100 mm jusqu'à 6000 mm de diamètre
- ✓ exige que l'eau distribuée ne soit ni trop douce ni trop acide
- ✓ non applicable dans les zones à faible consommation d'eau

II.3.1.2.4. Revêtement en resine epoxy

Cette technique non structurante a pour objet l'application d'un revêtement interne à 1 mm d'épaisseur à base de résine époxy.

Sa mise en œuvre après nettoyage efficace de la canalisation par un procédé mécanique et séchage de celle-ci, consiste à introduire dans la canalisation un appareil constitué d'une turbine à air comprimé qui projette le revêtement sur la paroi qui est lissé par un système de brosses rotatives.

La longueur des tronçons à traiter est de l'ordre de 130 m et il est d'usage de traiter 400 ml par semaine. Le temps de séchage de la peinture (donc d'immobilisation de la conduite) est de 8 heures après nettoyage et application.

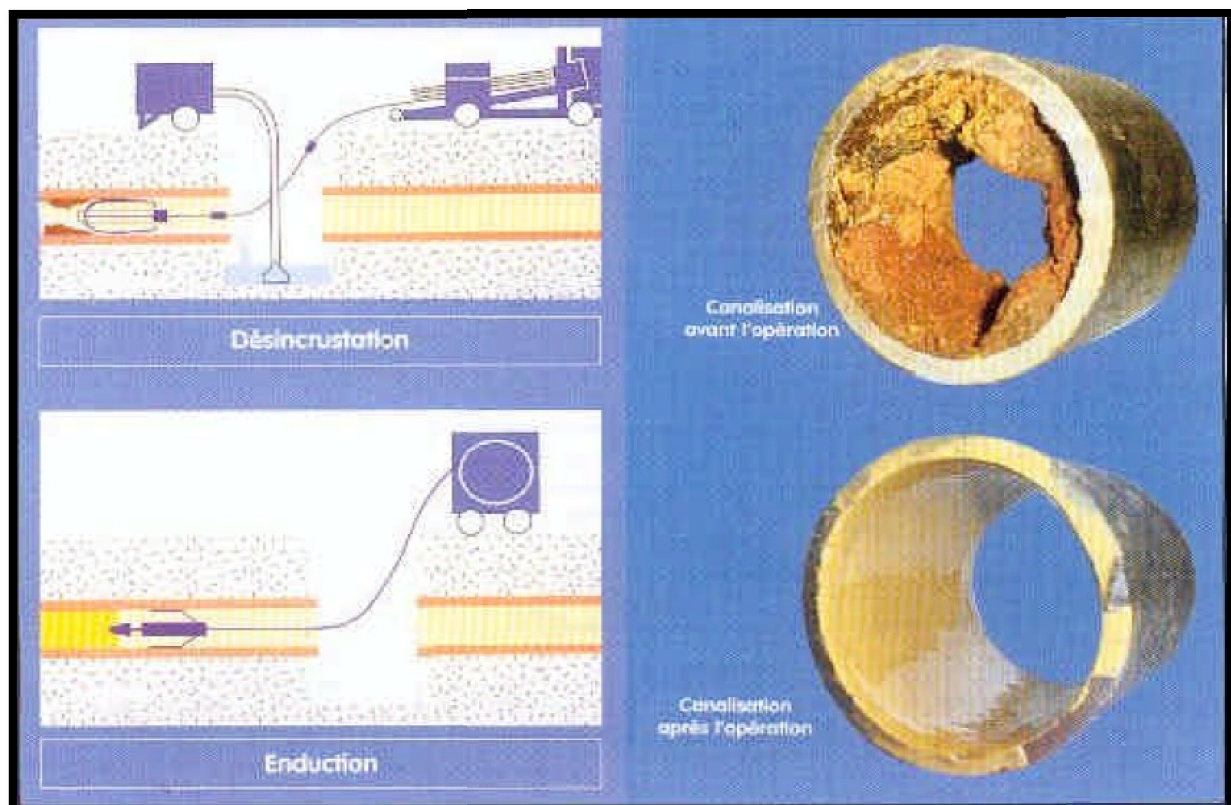


Figure II-6 : Revêtement EPOXY (Source AXEO)

Opérations nécessaires avant la remise en eau :

- ✓ contrôle par sonde télévisuelle effectué après l'étape de désincrustation et à l'issue de l'application de la résine
- ✓ contrôle des rinçages de la canalisation avant remise en eau
- ✓ réalisation de la désinfection de la partie réhabilitée selon le protocole du distributeur d'eau

Avantage :

- ✓ cadence d'application élevée
- ✓ gêne réduite des riverains
- ✓ protection anticorrosion généralement efficace
- ✓ L'épaisseur du revêtement (1 mm) ne réduit que très peu la section de la conduite et l'inertie chimique de la résine garantie l'innocuité du contenant avec le métal de la conduite. La peinture a de plus reçu l'Attestation de Conformation Sanitaire.

Inconvénients :

- ✓ réalisation d'une fouille à chaque extrémité du tronçon à réhabiliter et arrêt de l'alimentation en eau
- ✓ probablement pas économique pour des diamètres supérieurs à 225 mm
- ✓ coût de cette technique se situant autour de 30% du renouvellement traditionnel
- ✓ cette technique est optimale si la canalisation existante est en bon état mécanique (épaisseur résiduelle de la canalisation pas trop faible,...) mais n'est en rien une solution consolidante

Domaine d'application :

- ✓ applicable sur le même type de canalisation que celui concerné par le mortier de ciment
- ✓ applicable aux conduites de diamètre pouvant varier de 60 à 300 mm

II.3.1.2.5. Le chemisage

Le principe est l'introduction d'une gaine souple, ou d'une canalisation PEHD pré-déformée, dans une conduite existante.

La gaine souple imprégnée de résine est introduite et tractée par un treuil depuis la surface. Puis, on gonfle cette gaine sous basse pression d'air pour la plaquer sur la canalisation existante. Enfin, on chauffe à 70 °C environ pour obtenir, sans espace annulaire, un tube rigide par polymérisation de la résine. Cette technique utilise des gaines de 60 à 150 m selon les diamètres, et les sections couramment traitées sont comprises entre 150 et 1 500 mm. Les reprises de branchements peuvent se faire de l'intérieur par découpe au robot (figure 7).

Le tube en PEHD pré-déformé est enfilé et se plaque dans la conduite à rénover (figure 7). Le procédé consiste à réduire le diamètre du PEHD de 7 à 15 % par passage dans une filière conique à froid ($E < 250$ mm) ou à chaud à 80 °C. Puis, on introduit par tirage, avec

effort de traction constant, le polyéthylène dans la canalisation existante pour maintenir cette réduction avec un allongement de 4 % environ. Enfin, on relâche la conduite PEHD qui reprend son diamètre initial en moins de 24 h en se plaquant sur la paroi de l'ancienne canalisation. Ce procédé est employé pour des diamètres de 125 à 800 mm et des tronçons pouvant aller jusqu'à 500 m. (H.GODART)

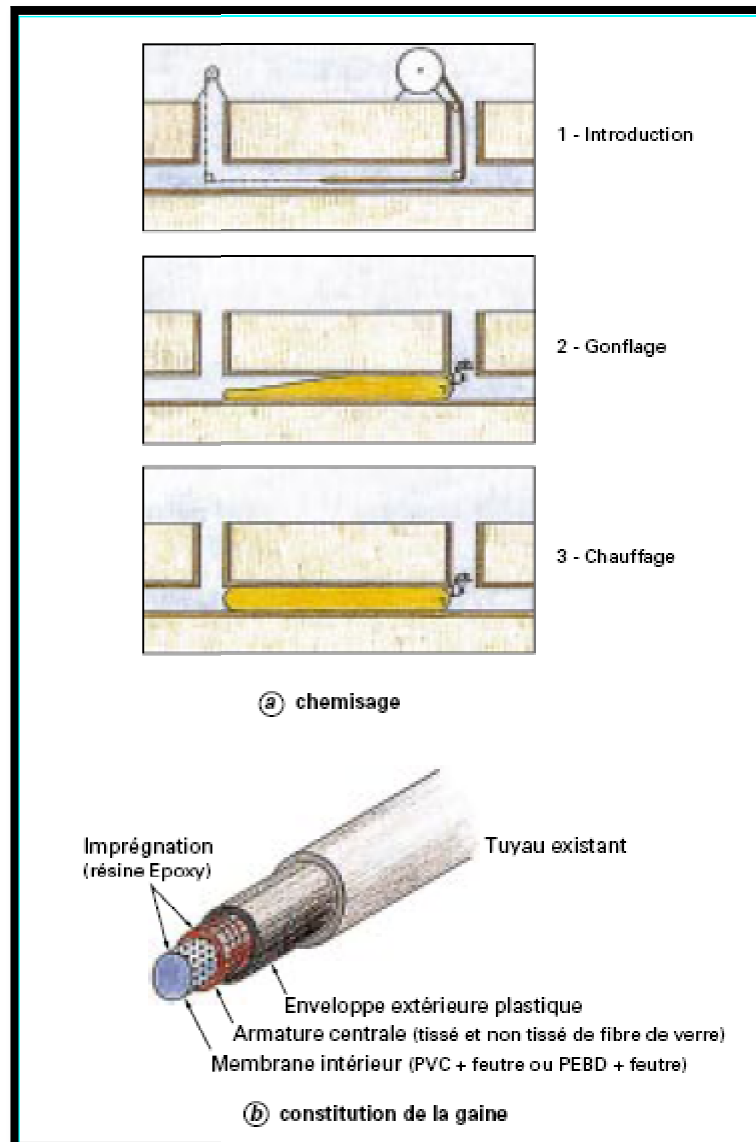


Figure II-7 : Chemisage par gaine souple (d'après document Sade)

II.4. Remplacement des réseaux

II.4.1. Définition et objectifs

Par définition, le remplacement consiste en la pose d'une nouvelle conduite destinée à être substituée à un ouvrage ancien, dont les caractéristiques structurelles ne sont plus compatibles avec son utilisation.

II.4.2. Techniques de remplacement

Les techniques de remplacement, présentées ci-après sous forme de tableaux, sont :

- ✓ Pose en tranchée ouverte ;
- ✓ Pose sans tranchée :
 - forage directionnel
 - forage guidé
 - fonçage horizontal
 - techniques destructives
 - remplacement après éclatement
 - micro-tunnelier « mange-tube »
 - remplacement après extraction

Pour les petites collectivités, la méthode traditionnelle de pose par tranchée ouverte reste la solution la plus adaptée, d'un point de vue technique et économique. Toutefois, les procédés sans tranchée peuvent s'avérer utiles lors de chantiers particuliers (traversée de voies-ferrées, routes, centre ville...). (H. GODART)

II.4.2.1. Pose en tranchée ouverte

Méthode traditionnelle, elle est parfaitement adaptée aux petites collectivités rurales, cette solution est généralement préférée à une technique de réhabilitation si l'état de l'ouvrage en place interdit toute intervention ou si le coût se révèle moins important.

Un soin particulier doit être apporté au choix des matériaux et à la qualité de la pose pour limiter les risques de dégradation.

Opérations préalables nécessaires :

- ✓ précautions liées à ce type de travaux
- ✓ maintien en service provisoire de l'ancien ouvrage ou dérivation par maillage

Avantage :

- ✓ pose d'un ouvrage neuf selon les règles de l'art
- ✓ simple à mettre en œuvre en milieu dégagé
- ✓ souvent plus économique en coût direct à moins de 2 m de profondeur

Limite :

- ✓ risques de coûts indirects importants en milieu urbanisé
- ✓ gêne occasionnée par ce type de travaux
- ✓ impossibilité de mise en œuvre dans certains cas : traversée de routes, voies de chemin de fer, cours d'eau, encombrement souterrain, ...

Domaine d'application :

- ✓ tous diamètres et toutes pressions, selon les matériaux utilisés

II.4.2.2. Pose sans tranchée

II.4.2.2.1. Forage / Fonçage

Ces procédés consistent à mettre en œuvre une nouvelle canalisation sans ouverture de tranchée. Ces techniques s'appliquent lorsque l'état de l'ouvrage est tel qu'aucune autre méthode n'est envisageable et que la pose avec tranchée est rendue difficile ou coûteuse du fait de l'environnement.

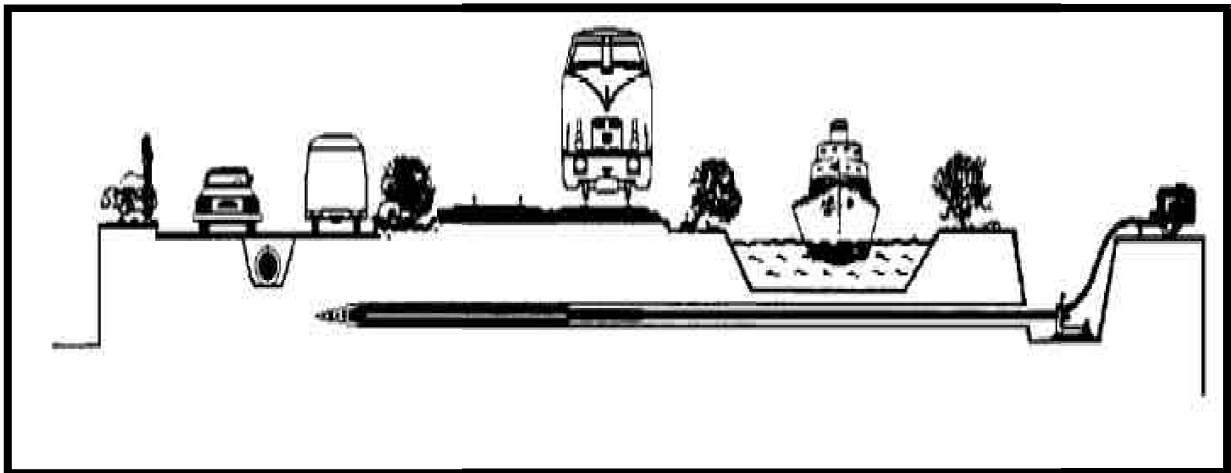


Figure II-8 : Procédé par forage (Source : Guide FNDAE n° 10)

On distingue :

- Forage directionnel :

Le nouveau tuyau, généralement installé derrière la machine, est en acier ou thermoplastique long en barres soudées sur chantier ou en touret. Cette technique est applicable pour des diamètres de 100 à 1200 mm et des longueurs pouvant atteindre 200 mètres.

- Forage guidé :

La machine guidée en surface pénètre le sol par effet combiné mécanique d'un foret et d'un jet d'eau sous pression, et tracte un nouveau tuyau généralement en thermoplastique long en barres soudées sur chantier ou en touret. Cette technique est applicable pour des diamètres de 50 à 250 mm et des longueurs n'excédant pas 50 m par tronçon de travail.

➤ Fonçage horizontal :

Cette technique est réservée aux diamètres nominaux supérieurs à 1000 mm.

Opérations préalables nécessaires :

- ✓ repérage précis de la conduite existante et de son environnement
- ✓ contrôle de l'effort de traction (longueur de forage limitée)
- ✓ contrôle de la position estimée de la machine et des profils du nouveau tuyau

Avantage :

- ✓ indépendance vis-à-vis des obstacles urbains
- ✓ faible emprise au sol, en général
- ✓ compétitive sur le plan économique

Limite :

- ✓ réalisation de nombreuses fouilles, selon les techniques et le projet
- ✓ respect de hauteurs minimales de couverture (1,2 m en forage dirigé)
- ✓ irrégularité des profils dans les terrains hétérogènes
- ✓ reprise délicate des branchements

Domaine d'application :

- ✓ utilisable pour des tronçons singuliers du réseau, pour toutes pressions selon les matériaux prévus

II.4.2.2.2. Remplacement après éclatement

Cette technique consiste en un remplacement d'une ancienne canalisation par une nouvelle conduite en PVC ou polyéthylène d'un diamètre supérieur ou égal.

Un marteau éclateur alimenté par air comprimé et tracté à son extrémité est introduit dans la conduite. Des ailerons articulés en tête du marteau sont actionnés par un circuit hydraulique et permettent de pulvériser l'ancienne canalisation.

Une canalisation en PEHD est posée immédiatement dans le sillage de l'éclateur.

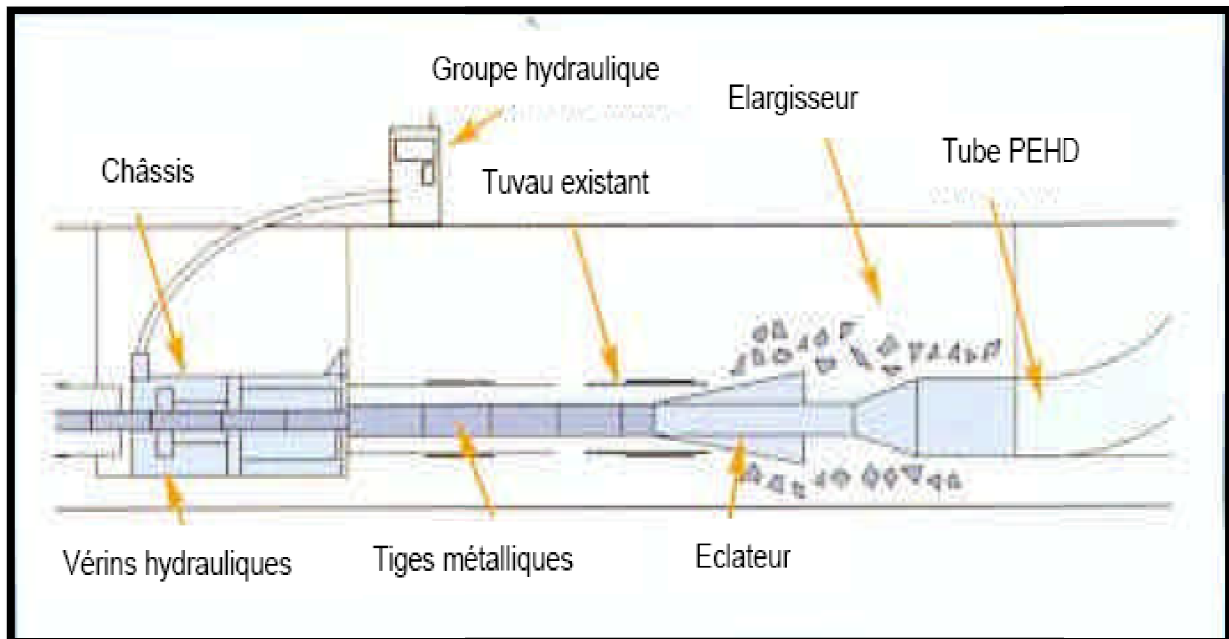


Figure II-9 : Eclatement de l'ancienne conduite (Source : AXEO)

Opérations préalables nécessaires :

- ✓ nécessité de connaître précisément les réseaux sensibles existants (gaz, EDF, ...) du fait de l'effet d'éclatement
- ✓ nécessité des fouilles d'introduction et de réception du marteau éclateur (de 1 m à 3 m de long)
- ✓ dépose de toutes les pièces en acier et en fonte ductile (collier de prise en charge, manchon de réparation...) de la conduite

Avantage :

- ✓ conservation de la position de l'ancienne conduite
- ✓ possibilité d'augmenter la section des conduites nécessaires
- ✓ réduction des nuisances du chantier
- ✓ technologie permettant d'augmenter le diamètre des réseaux existants parfois jusqu'à deux fois le diamètre initial en fonction du type de matériau et de la configuration du réseau.
- ✓ peut s'utiliser sur des canalisations en fonte grise, amiante-ciment, béton non armé, fonte ductile ou PVC.

Limite :

- ✓ présence de zones de réparation et de branchement particulier
- ✓ nécessité de repérer les coudes avant de commencer le travail
- ✓ faible hauteur de couverture
- ✓ risque pour l'environnement de la conduite (chaussée, autres réseaux)
- ✓ difficulté pour casser les raccords d'une réparation antérieure
- ✓ progrès limités par des protections en béton
- ✓ nécessité de déconnecter pour éviter des dégâts

Domaine d'application :

- ✓ utilisable essentiellement pour le remplacement des anciennes canalisations hormis les conduites en béton armé et acier de diamètre de 60 à 300 mm

II.4.2.2.3. Remplacement après extraction

Cette technique permet de substituer une nouvelle conduite en PEHD, fonte ductile ou PVC à une ancienne canalisation qui est extraite.

Une unité hydraulique d'extraction est installée, un câble est passé à l'intérieur de l'ancienne conduite jusqu'à une tête de tirage sur laquelle est ancrée la nouvelle canalisation.

Le premier tronçon est extrait et simultanément éclaté, puis le coin d'éclatement est déplacé sur le tronçon suivant.

Opérations préalables nécessaires :

- ✓ extraction de l'ancienne canalisation par tronçon de 10 à 30 cm
- ✓ réalisation d'une excavation tous les 10 ou 30 m ou au droit de chaque branchement

Avantage :

- ✓ conservation de la position de l'ancienne conduite
- ✓ permet l'augmentation de la section de la conduite si nécessaire
- ✓ réduction des nuisances du chantier
- ✓ adapté aux canalisations très endommagées
- ✓ extraction du sol de l'ancien matériau
- ✓ actuellement cette technique est la seule technique sans tranchée qui permette un remplacement d'une conduite en fonte par une autre conduite en fonte, ce qui permet de répondre aux attentes de certaines collectivités qui souhaitent privilégier ce matériau

Limite :

- ✓ puits d'accès nécessaires
- ✓ longueur d'extraction limitée
- ✓ sols caillouteux ou compacts défavorables
- ✓ interférences avec le milieu (autres réseaux, sol)

Domaine d'application :

- ✓ applicable à toutes les conduites de diamètre 60 à 250 mm hormis celle en béton armé et acier

II.4.2.2.4. Micro-tunnelier « mange-tube »

Principe :

Le nouveau tuyau, poussé derrière la machine assurant le creusement, est constitué d'éléments assemblés dont la nature est adaptée à ce type de travail (béton âme-tôle, fibres-ciment, PRV...)

Opérations préalables nécessaires :

- ✓ repérage précis de l'ancienne conduite et de son environnement

- ✓ contrôle de l'effort de poussage
- ✓ contrôle de l'endommagement définitif du sol

Avantage :

- ✓ faible emprise au sol, en général
- ✓ indépendance vis-à-vis des obstacles urbains

Limite :

- ✓ nécessité de nombreuses fouilles, tous les 80 m environ
- ✓ reprise délicate des branchements détruits
- ✓ coût élevé

Domaine d'application :

- ✓ applicable à toutes les conduites sauf béton armé et acier
- ✓ utilisable pour les diamètres supérieurs à 300 mm

II.5. Coordinations des chantiers

II.5.1. Organisation de l'amenée et repli du matériel

A partir des informations que l'on retrouve dans les documents d'un marché et celles issues d'une visite de l'état des lieux, il incombe à l'entreprise d'établir les besoins en base-vie, en main d'œuvre, en équipements, en sous-traitance et en matériaux;

La satisfaction de ces besoins est fortement tributaire des plannings d'exécution du marché, et plus particulièrement le planning des travaux duquel dépendront les autres plannings que sont :

- Le planning de besoin en main-d'œuvre ;
- Le planning des approvisionnements en matériaux et consommables (carburant, lubrifiant, graisse, etc.)
- Le planning d'utilisation des engins et matériels de chantier.

Le responsable logisticien, en relation avec le conducteur des travaux, le chef de chantier, et en se référant au planning des travaux et au marché de l'entreprise, programme le transfert du matériel sur le chantier :

Il repère dans le devis et sur les plans, les informations relatives aux engagements contractuels de l'entreprise

Il repère sur le planning la période de mobilisation de chaque matériel et planifie le transfert sur le chantier. Pour ce faire, une visite de reconnaissance sur le terrain s'impose.

Contraintes à prendre en compte :

- ✓ Le budget alloué au transfert du matériel
- ✓ La distance du chantier de la base de l'entreprise
- ✓ Matériel pouvant se déplacer de façon autonome sur le chantier (certains engins sur pneus tels que les camions)
- ✓ Matériel dont le déplacement est obligatoire par remorque matériel sur chenilles)
- ✓ Chargement et déchargement du matériel remorqué ;
- ✓ Lieu de stationnement du matériel à la base-vie de l'entreprise
- ✓ La sécurité du matériel pendant le transport

a) Le budget : à partir de la soumission de l'entreprise, un montant sera dégagé pour assurer le mouvement du matériel : amenée et repli, transferts sur d'autres chantiers, repli imprévu pour réparation à la base de l'entreprise. Ce budget prend en compte le carburant pour les engins à déplacements autonomes et pour le porte-char de remorque, la location du porte-char le cas échéant. Il est donc impératif de maîtriser dès le début du chantier le nombre prévisionnel de voyages pour une bonne gestion du budget alloué.

b) L'éloignement du chantier : une reconnaissance sur le terrain permet de maîtriser la distance du chantier de la base de l'entreprise. Ainsi seront appréciés :

Les zones du trajet à forte pente, les radiers trop encaissés dont le franchissement serait impossible par un porte-char, la possibilité pour les engins sur pneus d'atteindre le chantier (dans ce cas, on se référera aux recommandations du constructeur).

c) Chargement et déchargement du matériel : prévoir, surtout sur le chantier les modalités pratiques de déchargement du matériel remorqué.

d) Sécurité du matériel pendant le transport : il s'agit de chargements très lourds susceptibles de glisser vers l'avant ou l'arrière, selon qu'on se trouve en montée de rampe ou en descente de pente, selon les freinages et accélérations du conducteur.

Il est aussi important de ne pas ignorer les forces centripètes ou centrifuges au niveau des virages. Pour toutes ces raisons, le matériel sur le porte-char sera soigneusement bloqué pour garantir son transport en toute sécurité.

II.5.2. La gestion inter-chantiers de la logistique

Les méthodes de planification, l'organisation du travail, et le choix des engins dépendent de qui est propriétaire du matériel (loué ou propriété de l'entreprise), du carnet de commande (nombre de marchés en cours, à démarrage programmé, en voie d'acquisition, etc.). Ces informations permettront d'élaborer un planning d'utilisation du matériel incluant leur transfert d'un chantier à un autre. Les solutions de redéploiement de ce matériel pour diverses raisons (pannes, chantiers arrêtés, chantiers à accélérer, ...) seront étudiées avec rapidité afin de faire le choix optimal.

Il est nécessaire de tenir compte des aspects suivants :

- Tout engin en immobilisation sur le chantier doit avoir des raisons sérieuses (économiques) de l'être. L'évaluation financière tiendra compte de son éventuel repliement avant d'être transféré à nouveau sur le chantier, du coût d'immobilisation sur le chantier (voir contrat de location ou amortissement interne), de son transfert sur un autre chantier environnant, du risque de ne plus pouvoir en disposer le moment venu, ...
- Tout engin en fonctionnement doit être directement ou indirectement productif ; le choix du matériel doit donc être bien étudié.
- Éviter de garder sur le chantier du matériel en location □ dont on pourra s'en passer.

Dans la gestion inter-chantiers du matériel, les coûts de déplacements pourraient être repartis sur les deux chantiers concernés.

Les distances les plus courtes seront recherchées pour minimiser les coûts. Le planning d'exécution des travaux pourrait être ajusté afin de pouvoir utiliser l'engin au maximum pendant la période de disponibilité. Ce dispositif sera apprécié de commun accord entre le conducteur des travaux, le chef de chantier, le responsable du matériel de l'entreprise et le contrôleur des travaux

La coordination des commandes de pièces, de carburant, de lubrifiant et de main d'œuvre requis pour les travaux et pour le fonctionnement des engins sera prise en compte dans ce réajustement de planning.

II.5.Conclusion

Les techniques de réhabilitation et de renouvellement passés en revue dans cette partie feront l'objet d'un choix que le gestionnaire doit prendre pour faire le meilleur travail avec le coût le plus bas possible.

L'étude que nous allons entreprendre concerne le renouvellement des conduites. Elle doit permettre au gestionnaire d'optimiser son budget, en lui indiquant où il doit intervenir : c'est-à-dire quelles conduites faut-il changer au plus tôt pour améliorer le service.

Chapitre III : Classification des critères

III.1. Introduction

Le programme de renouvellement d'un réseau d'eau potable ne peut pas uniquement reposer sur le taux de défaillance, de nombreux autres facteurs rentrent en ligne de compte : les abonnés et leurs importances, la qualité de l'eau, l'environnement de la conduite, l'impact économique sur le gestionnaire en cas de réhabilitation, les coûts de maintenance en service...etc.

Les critères pouvant évaluer le niveau d'urgence sont nombreux et complexes c'est pour cela qu'il faut les déterminer en premier lieu.

L'établissement de la grille multicritères et la répartition des tronçons dans les niveaux d'urgences définis par la grille sont basés sur :

- ✓ La consultation d'ouvrages de connaissances générale sur les réseaux d'AEP (propriétés des matériaux utilisés dans le réseau...)
- ✓ L'historique des études réalisées sur le réseau d'AEP
- ✓ L'historique des interventions et plaintes sur les réseaux testés
- ✓ Des bases de données sur l'environnement de la conduite, notamment sur la nature des sols, différents phénomènes qui peuvent avoir lieu dans un milieu naturel (mouvement du terrain, tassement...)
- ✓ Les objectifs et la politique du gestionnaire

III.2. Détermination des critères

Les critères à retenir pour juger quelle est l'option préférée à choisir parmi plusieurs scénarios, doivent présenter les conditions suivantes :

- ✓ L'aide multicritère à la décision doit permettre de juger l'intérêt économique des différentes options entre elles. Il s'agit donc de construire une famille de critères qui puissent représenter, d'une façon aussi proche que possible, les coûts et les avantages des options, bénéfiques.
- ✓ Les critères doivent être d'une part, suffisamment nombreux et précis pour bien discriminer entre elles les différentes options, d'autre part ; ne pas être redondant pour éviter de majorer l'importance attribuée à une dimension d'analyse.
- ✓ Les critères peuvent être de nature différente. On définit des familles de critères : économiques, sociaux, environnementaux, techniques. Chaque famille de critères peut contenir un ou plusieurs critères.

Les critères doivent également vérifier des axiomes :

- Axiome d'exhaustivité : si deux options ont les mêmes vecteurs performances (même conséquences pour tous les critères) alors il faut être sûr que les acteurs sont bien indifférents entre les deux options.

- Axiome de cohésion : En partant de deux options qui sont jugées équivalentes, si l'on accroît la performance de la première sur un critère quelconque, alors elle apparaît « comme au moins aussi bonne » que la seconde option inchangée.
- Axiome de non-redondance : Un critère est redondant si son retrait de la famille laisse une nouvelle famille vérifiant les deux axiomes précédents.

III.3. Classification des critères

Le programme de réhabilitation d'un réseau d'eau potable repose sur de nombreux facteurs, à savoir les abonnées et leur importance, la qualité de l'eau, le taux de fuite, l'environnement de la conduite, les coûts de maintenance en service...etc.

Selon l'état des conduites on peut recueillir des dizaines de critères ; on peut les départager en trois (03) grandes classes :

III.3.1. Classe 1 : Selon l'état

Etat physique :

- Indice linéaire de réparation (ILR)
- Age
- Matériau
- Rugosité
- Diamètre de la conduite
- Protection anticorrosive : interne, externe, cathodique
- Joints

Etat fonctionnel :

- Type de fonctionnement (distribution, refoulement ou bien refoulement + distribution)
- Pression
- Débit
- Vitesse
- Schéma directeur
- Qualité de l'eau potable
- Criticité
- Rendement
- Indice linéaire des pertes

Environnement :

- Agressivité du sol
- Hétérogénéité du sol

- Lit de pose
- Nappe phréatique
- Profondeur de la conduite
- Mouvement du terrain
- Charges roulantes (sous-chaussées, accotement trottoirs)
- Condition de pose
- Corrosion galvanique
- Gènes causées aux riverains
- Plaintes des clients
- Corrosion électrolytique
- Interférence avec les autres infrastructures
- Nombre de données
- Zone sismique

III.3.2. Classe 2 : Selon le type de critère

Il peut être spécifique ou globale. Un critère spécifique est un critère propre à un tronçon de conduite. Dans ce cas chaque conduite aura ses propres caractéristiques.

Un critère global est un critère qui définit un réseau de conduite. Il est spécifique à une région ou à une implantation bien précise.

Critère spécifiques :

- Age
- Rugosité
- Diamètre
- Protection anticorrosive : interne, externe, cathodique
- Joints
- Indice linéaire de réparation (ILR)
- Profondeur de la conduite
- Charges roulantes
- Condition de pose
- Corrosion galvanique
- Corrosion électrolytique
- Criticité
- Nappe phréatique

Critères globaux :

- Rendement
- Taux de fuites
- Type de fonctionnement
- Pression
- Débit
- Vitesse

- Schéma directeur
- Qualité de l'eau potable
- Agressivité du sol
- Hétérogénéité du sol
- Mouvement du terrain
- Interférence avec les autres infrastructures
- Gènes causées aux riverains
- Plaintes des clients

III.3.3. Classe3 : Selon l'importance du critère

Cela dépend des paramètres suivants :

- ✓ Décision de la tutelle
- ✓ Objectifs à réaliser

Véto :

- Indice linéaire de réparation(ILR)
- Schéma directeur
- Défaillances
- Matériau

Préférence :

- Age.
- Débit-pression (peut aussi figurer dans la liste des critères véto et cela dépend de la géographie de la région)
- Vitesse
- Rugosité
- Diamètre
- Gènes causées aux abonnés
- Joints
- Qualité de l'eau

III.4. Définition des différents critères

• Taux de fuites

Le nombre de fuites enregistrées dans un tronçon de conduite pendant une durée déterminée peut être l'objet de la décision de renouveler ou de réhabiliter cette conduite.

Indice linéaire des réparations = (nombre de réparation/ (longueur*nombre d'année)) (R/km/an).

- **L'âge de la conduite**

L'âge de la conduite mérite un commentaire spécial. En effet en terme strictement technique l'âge de la conduite ne doit pas être considéré comme un facteur de désordre ou un critère de renouvellement. Il pourrait en devenir un, si aucun autre critère ne se manifeste véritablement. Il est connu que ce ne sont pas les plus anciennes conduites qui éprouvent le plus de difficulté. En revanche, il ne faut pas oublier que le calcul de l'amortissement de coût des conduites repose sur leur durée de vie estimée.

En général, l'âge des canalisations n'est pas réparti uniformément, à cause de la fluctuation de la demande pour de nouvelles infrastructures au cours des années.

- **Matériau**

Le choix du matériau doit tenir compte de plusieurs caractéristiques, comme la qualité et la nature de l'eau, l'environnement de la conduite, le régime hydraulique, la configuration du réseau...

Tous les types de conduites peuvent offrir une bonne performance à court terme, mais les conditions qui garantissent une performance satisfaisante à long terme varient selon le type de conduites. Les matériaux utilisés pour les canalisations du réseau d'eau potable doivent être conformes aux normes et réglementations en vigueur vis-à-vis de résistance au phénomène de corrosion. Avec le temps, cette résistance diminue et peut faciliter certains-types de défaillances.

- **Rugosité**

La rugosité correspond à la notion habituelle de présence plus ou moins importante d'aspérités sur une surface. On constate ici que lorsque la rugosité d'une canalisation augmente les frottements seront plus nombreux donc la perte de charge augmentera. La perte de charge est donc fonction du matériau de la canalisation.

La rugosité absolue ε correspond à la hauteur géométrique moyenne des aspérités d'une canalisation. Pour les pertes de charge le facteur déterminant est la rugosité relative (ε/D). On donne les valeurs indicatives suivantes de rugosité absolue en mm:

- ✓ acier: 0,045
- ✓ fonte: 0,26
- ✓ fer galvanisé: 0,15
- ✓ béton: 0,3 à 3
- ✓ verre, plastique, cuivre, inox: 0,0015

- **Diamètre de la conduite**

L'importance de la conduite est directement proportionnelle à son diamètre. L'impact en cas d'accident sur l'environnement et le système lui-même sera plus important en cas d'une rupture sur un gros diamètre. Mais les conduites fuyardes sont en majorité des conduites de

petits diamètres qui sont utilisés en distribution ou la variation de la vitesse et de la pression est importante durant la journée.

- **Protection anticorrosive**

Il existe des interactions (eau-conduite) qui peuvent induire une corrosion ou une dégradation à l'intérieur des canalisations. Ce phénomène est aussi à l'origine de la dégradation de la qualité de l'eau distribuée. Comme on l'a présenté précédemment, il faut éviter si possible tout contact direct eau-métal (acier, fonte) de façon à lutter contre tout phénomène de corrosion. La nature de l'eau peut être un facteur très important de corrosion interne de la canalisation.

La corrosion externe peut avoir plusieurs origines : le type de sol et son humidité, présence de la nappe, l'hétérogénéité du sol et du contact des conduites, les courants vagabonds. Afin de minimiser l'impact de ces facteurs sur la conduite il faut appliquer des mesures de protection adéquate. Il s'agit, surtout pour les canalisations métalliques, de les pourvoir d'un revêtement protecteur.

- **Les joints**

Les techniques de raccord entre les canalisations varient selon les matériaux, et par leurs l'influence sur la qualité de l'eau, leur principal effet sur les réseaux reste l'entraînement des fuites et donc la chute du rendement.

Représentant un point de discontinuité dans la structure de la canalisation, le joint joue un rôle important dans la résistance de l'ensemble des canalisations aux différentes tensions et contraintes (mouvement de sol, coup de bélier, charges en surface ...etc.). Cette résistance diffère en fonction de type du joint employé et va nous servir comme référence d'évaluation des classes.

Le fait de connaître l'endroit exact de la jonction, aurait permis de mieux comprendre l'influence des différents types de joints sur l'apparition des défaillances.

- **Type de fonctionnement**

Selon le type de fonctionnement de la conduite Refoulement, distribution ou bien mixte (Refoulement+distribution).

Souvent lors des passages d'un régime d'alimentation gravitaire vers une alimentation sous pression, on observe une augmentation du nombre de casses sur le réseau dans les semaines à venir.

La pression dans un réseau gravitaire est dictée par la cote de radier et la fluctuation de niveau d'eau dans les réservoirs, tandis qu'avec le passage au régime d'alimentation sous pression il y a une surcharge hydraulique qui apparaît par rapport à la pression d'avant, L'apparition des phénomènes caractéristiques au réseau sous pression sont aussi observés :

l'apparition des incidents (notamment électriques), provoquant l'arrêt d'une ou plusieurs pompes, mise en marche/arrêt d'une ou plusieurs pompes vont augmenter les coups bélier.

- **Schéma directeur**

En fonction de l'accroissement de la population, le gestionnaire aura à changer certaines conduites pour assurer l'alimentation de populations futures.

- **Débit-Pression**

L'un des objectifs du réseau de distribution d'eau potable est d'assurer un débit et une pression suffisants.

La pression nécessaire dans les réseaux d'eau potable est dictée par une pression minimale, dite d'incendie (1 bars), et le type d'habitat (hauteur des bâtiments) dans le secteur, mais elle ne devrait pas dépasser 6 bars, une pression optimale de 5 bars a été adopté pour un bon fonctionnement de tous les ouvrages.

- **Vitesse**

L'objectif est d'avoir une vitesse assez bonne pour éviter les dépôts et pour éviter l'érosion de la conduite, la vitesse optimale pour un réseau varie entre 0.7 m/s et 1.5 m/s pour un bon fonctionnement du réseau.

- **Qualité de l'eau**

Le consommateur attend du service public de distribution d'eau potable, la fourniture connue d'une eau en quantité et qualité satisfaisante.

Les origines des altérations de la qualité de l'eau potable sont nombreuses. L'eau potable subit diverses altérations lors de son trajet dans les réseaux de distributions. Le réseau de distribution d'eau potable est souvent décrit connue un véritable réacteur, où l'eau et son contenant (conduite) sont le siège d'interactions physico-chimiques et biologiques. L'eau du robinet peut avoir une qualité très éloignée de celle issue de l'usine de production. On recense plusieurs problèmes propres à chaque type de matériaux constitutifs des canalisations et à son vieillissement.

- **Criticité**

C'est l'état d'un milieu ou d'un système devenu critique

- **Rendement**

C'est le taux de productivité de notre réseau, Permet de comprendre la qualité du réseau, son fonctionnement, ainsi que l'efficacité de celui-ci

- **Agressivité du sol**

Le caractère corrosif des sols est dépendant des paramètres suivants : leur perméabilité à l'air et l'eau qui dépendent de leur porosité et de leur granulométrie, leur taux d'humidité, leur teneur en sels, leur alcalinité ou acidité (pH), leur résistivité et leur conductibilité électrique

La corrosivité des sols peut-être aussi évaluée à partir d'études topographiques et géologiques du sol. Ainsi l'étude des reliefs du sol permet de définir les points hauts qui sont plutôt secs et aérés, donc peu corrosifs et les points bas qui sont humides et désaérés, donc susceptibles d'avoir une corrosion plus élevée.

- **Hétérogénéité du sol**

Lorsque une conduite traverse des sols différents, il peut se créer une pile géologique dans laquelle la partie de la conduite se trouvant dans la partie la moins aérée devient anodique et se corrode.

- **Lit de pose**

Normalement la présence d'un lit de pose sous les conduites n'est pas obligatoire. Il le devient dès que les conditions géologiques ne le permettent pas, par exemple la présence d'un sol rocheux, les sols humides ou trop sec.....etc. La présence d'un lit de pose permet une meilleure stabilisation de la conduite.

- **Nappe phréatique**

Une augmentation du niveau des eaux souterraines peut être la cause de nombreux phénomènes géologiques : affouillement et tassement, glissement, migration de lit de pose. L'eau une nouvelle fois, joue un rôle majeur dans leur formation par dissolution. Ces phénomènes dépendent des caractéristiques des sols.

L'augmentation des eaux souterraines entraîne une augmentation de l'humidité des sols. Un sable humide a une vitesse de corrosion 4 fois plus importante qu'un sable sec, une argile sableuse humide 2 fois plus qu'une sèche et une argile humide 1.5 fois plus qu'une argile.

- **Profondeur de la conduite**

La profondeur de la conduite dépend de plusieurs facteurs : la profondeur de gel dans la région considérée, la profondeur minimale afin d'éviter l'échauffement de l'eau dans la conduite, le trafic, l'emplacement par rapport aux autres conduites.

- **Mouvement du terrain**

A partir des études géotechniques on peut définir 3 classes pour les constructions :

- ✓ Zone active,
- ✓ Zone défavorable,
- ✓ zone favorable.

- **Charges roulantes**

Dans le cas d'une artère principale, qui se trouve sous une voirie avec un trafic intense, l'intervention doit être rapide et la durée d'ouverture du chantier sera courte dans le souci de minimiser les gênes.

Une rupture d'une conduite peut amener à des déformations, voire un effondrement de voirie.

- **Condition de pose**

La présence d'un lit de pose sous la canalisation n'est pas obligatoire. Il le devient dès que les conditions géologiques ne le permettent pas, par exemple la présence d'un sol rocheux, les sols humides ou trop sec...etc. La présence d'un lit de pose permet une meilleure stabilisation de la conduite.

- **Corrosion galvanique**

Corrosion électrochimique résultant de la formation d'une pile par mise en contact de deux matériaux conducteurs différents dans un environnement assurant un milieu électrolytique. Dans ces conditions, il y a formation d'un couple galvanique.

- **Gènes causées aux riverains**

Une coupure d'eau non prévue, en cas de rupture d'une conduite n'aura pas les mêmes conséquences aux près des différents types d'abonnés.

On distinguera alors entre : abonnés domestique et abonnés industriels.

- **Plaintes des clients**

Cela peut être dû à différentes raisons : insuffisance de la pression dans les robinets, mauvaise qualité de l'eau desservie, fuites...

- **Corrosion électrolytique**

C'est une corrosion due à la présence de courants vagabonds induit par différentes raisons.

- **Interférence avec les autres infrastructures**

Il faut tenir compte du programme d'intervention des autres entreprises pour coordonner les travaux.

- **Nombre de données**

On peut tenir compte de la zone et de la population (nombre d'abonnés) desservis par les infrastructures c'est-à-dire on accordera une importance plus élevée aux infrastructures importantes.

- **Zones sismiques**

Les dommages dus aux tremblements de terre dépendent de la façon dont le sol bouge et dont les édifices sont construits dans la région.

III.5.Conclusion

Les critères définis plus haut sont universels, on peut les retrouver dans différents réseaux à travers le monde. Maintenant il faudra adapter ces critères selon le réseau à étudier. C'est-à-dire avant d'entreprendre une quelconque étude multicritère, il est essentiel de trouver les critères prépondérants sur notre réseau pour faire une bonne analyse.

Chapitre IV : Analyse multicritères, pondération et agrégation

IV.1. Introduction

Le réseau d'eau potable est considéré comme un patrimoine dans la mesure où il fournit un service, et ceci de manière fiable et pérenne. La gestion de la réhabilitation des infrastructures urbaines et plus particulièrement les réseaux constitue une nouvelle dynamique qui s'impose. Les activités concernant l'exploitation du réseau sont très variées et impliquent un grand nombre de données et de variables de différentes sources et qualités en fonction de leurs objectifs (diagnostic, interprétation, prédiction, planification de réhabilitation.....) et de leur exécution (court, moyen ou long terme). Le gestionnaire et le décideur doivent souvent prendre des décisions, argumentées et pertinentes, ce qui nécessite une stratégie d'étude efficace basée, d'une part sur la connaissance du comportement du système de distribution d'eau potable et d'autre part sur l'utilisation d'indicateurs appropriés sur l'évaluation des performances de fonctionnement du système. Ces indicateurs sont établis par le gestionnaire selon ses priorités de gestion mais aussi à partir des directives et normes des documents officiels. Les gestionnaires doivent par conséquent déterminer quand et comment entretenir, réparer et renouveler les installations existantes, de la façon la plus efficace et la plus économique possible.

Donc, pour répondre à des problèmes de gestion quotidienne et de planification, qu'il soit à court ou long terme, les gestionnaires ont besoin de s'appuyer sur des modèles et des outils d'aide à la décision. Ces outils doivent permettre aux gestionnaires de développer leurs propres stratégies d'exploitation et d'aide à la décision, d'établir les budgets et les programmes de réinvestissement, et en même temps recueillir et analyser les données nécessaires pour étudier le phénomène de dégradation du réseau. L'analyse multicritère est un des outils utilisés pour cela.

IV.2. Définition

Le réseau d'AEP est un réseau comportant plusieurs conduites, chacune d'elles à ses propres critères. L'analyse multicritères permet d'effectuer un choix entre plusieurs solutions en décomposant une grille d'analyse en plusieurs critères chacun pondéré d'un coefficient (poids relatif).

On commence par identifier quels sont les critères sur lesquels seront basés l'analyse, puis on affecte à chaque critère un coefficient selon son importance relative. Chaque solution envisagée est ensuite comparée en utilisant cette grille d'analyse multicritères. En face de chaque critère retenu, on donne une note aux différentes solutions.

Cette note est ensuite pondérée en fonction du coefficient affecté au critère. A la fin des notations, une simple somme de l'ensemble des critères permet de connaître la meilleure

solution. La pondération des critères est donc prépondérante dans cette méthode, elle influe directement sur la qualité du choix effectué.

Donc, l'analyse multicritère est destinée à aider le décideur, public ou privé, à affiner son processus de décision en examinant la cohérence et la logique de ses préférences. Elle se révèle ainsi pertinente pour allouer des ressources selon des priorités ou pour planifier des projets. Elle s'avère donc très intéressante dans la quantification et la hiérarchisation de critères caractérisant la prise de décision pour la réhabilitation ou le renouvellement du réseau d'AEP.

IV.3. Pondération des critères

Les critères vus au chapitre précédent ont été adaptés à notre réseau, ainsi en fonction des données disponibles et de la situation géographique de la wilaya d'Alger les critères choisis pour l'étude en vue du renouvellement de nos conduites sont les suivants :

- ✓ ILR
- ✓ Matériau
- ✓ Diamètre
- ✓ Implantation
- ✓ Criticité

A l'aide du SIG SEAAL nous avons pu obtenir toutes les données concernant le réseau de la wilaya d'Alger. Pour notre travail nous avons eu besoin des données concernant :

- ✓ Toutes les conduites répertoriées par SIG.
- ✓ Toutes les données relatives aux réparations effectuées par la SEAAL.

La première série de données nous donne diverses informations sur toutes les conduites tronçon par tronçon à savoir :

- ✓ L'identifiant de la conduite,
- ✓ le diamètre,
- ✓ la longueur,
- ✓ le matériau,
- ✓ le type,
- ✓ l'année de sa mise en service,
- ✓ la région de son implantation... etc.

La deuxième série concerne les fuites recensées et réparées depuis l'année 2009. En effet, c'est à partir de cette année que SEAAL a commencé à enregistrer toutes les réparations des conduites dans un même système d'exploitation SIG.

Les informations fournies par SIG concernant les conduites réparées sont :

- ✓ Identifiant de l'arc (tronçon) de chaque conduite réparée.
- ✓ La date de réparation.
- ✓ La technique de réparation.
- ✓ Diamètre et profondeur de la conduite.

- ✓ Matériau de la conduite...

Ces données sont facilement extraites du SIG et exploitables en utilisant Arc Gis.

IV.3.1. Système d'information géographique

IV.3.1.1. Définition du SIG

Système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace.

IV.3.1.2. Les domaines d'application

Les domaines d'application des SIG sont aussi nombreux que variés. Citons cependant :

- Tourisme (gestion des infrastructures, itinéraires touristiques)
- Marketing (localisation des clients, analyse du site)
- Planification urbaine (cadastre, POS, voirie, réseaux assainissement)
- Protection civile (gestion et prévention des catastrophes)
- Transport (planification des transports urbains, optimisation d'itinéraires)
- Hydrologie
- Forêt (cartographie pour aménagement, gestion des coupes et sylviculture)
- Géologie (prospection minière)
- Biologie (études du déplacement des populations animales)
- Télécommunications (implantation d'antennes pour les téléphones mobiles)

IV.3.1.3. Qu'est-ce que cela apporte ?

- Les informations sont stockées de façon claire et définitive
- Gérer une multiplicité d'informations attributaires sur des objets
- Comprendre les phénomènes, prévoir les risques (simulations)
- Etablir des cartographies rapides, ergonomiques et faciles à lire
- Localiser dans l'espace et dans le temps
- Réagir rapidement après des évènements ayant un impact sur le territoire
- Calculer des coûts ou des bénéfices
- Associer un plus grand nombre de partenaires aux choix d'aménagement
- Fournir des itinéraires, des plans adaptés
- Créer de nouvelles couches d'information complexes à partir de combinaison de celles existantes.

IV.3.2. Extraction des données à partir du S.I.G via le logiciel ARCGIS

Qu'est-ce que ArcGIS ?

Le logiciel ArcGIS est un système d'information géographique développé par la société ESRI (Environmental Systems Research Institute). C'est un outil pour gérer, visualiser, cartographier, interroger et analyser toutes les données disposant d'une composante spatiale.

ArcGIS se décline en trois licences aux fonctionnalités croissantes : ArcView, ArcEditor et ArcInfo.

Pour notre travail nous avons dû retirer les données à partir d'ARCGIS et les exporter sous format (dbf) qui est supporté par Excel

Dès qu'on ouvre ARCMAP la fenêtre ci-dessous apparaît on choisit « a new empty map »

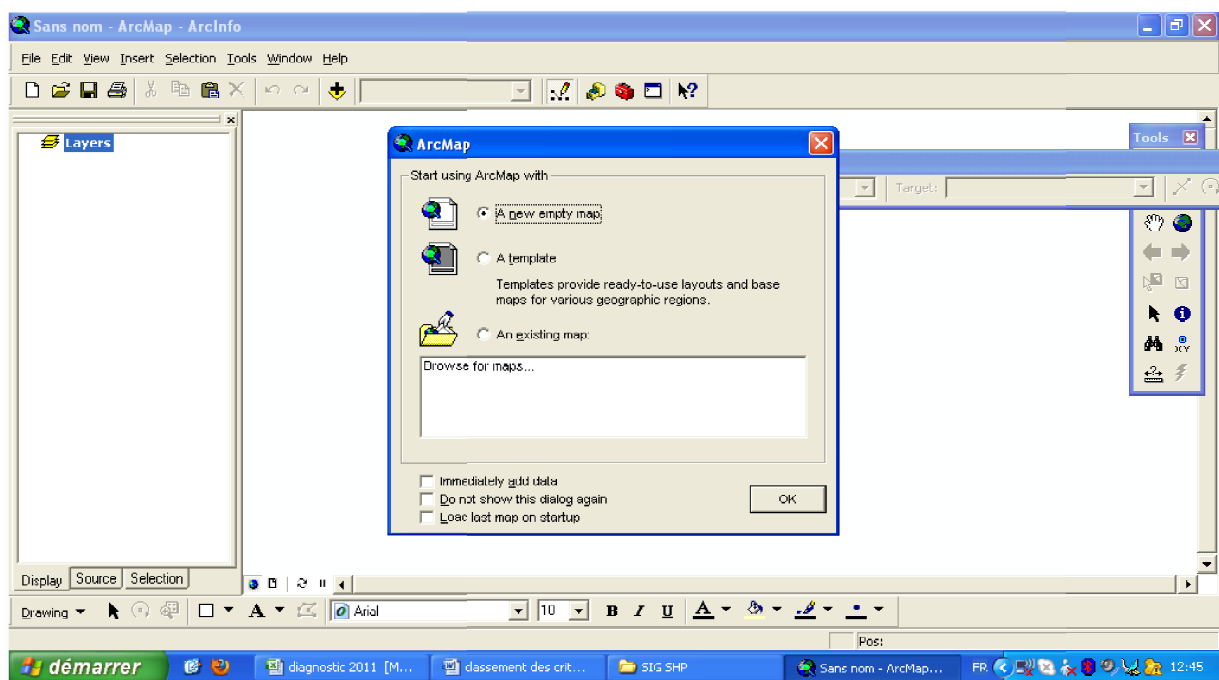


Figure IV-1 : Ouverture d'une nouvelle feuille ArcGis

On click sur « Add Data » et on choisit les champs que l'on veut afficher sur ARCGIS

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

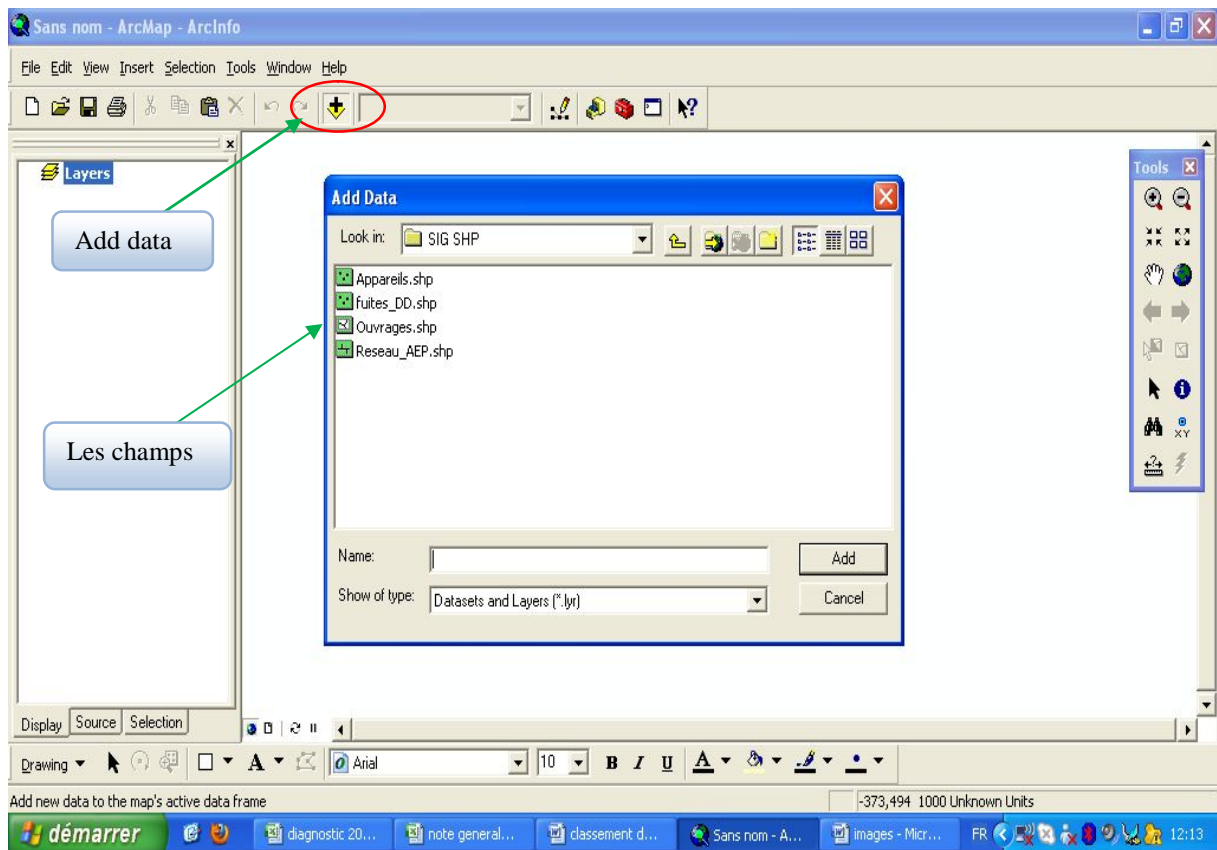


Figure IV-2 : Fenêtre du choix du fichier à ouvrir

Voici les résultats qui apparaissent

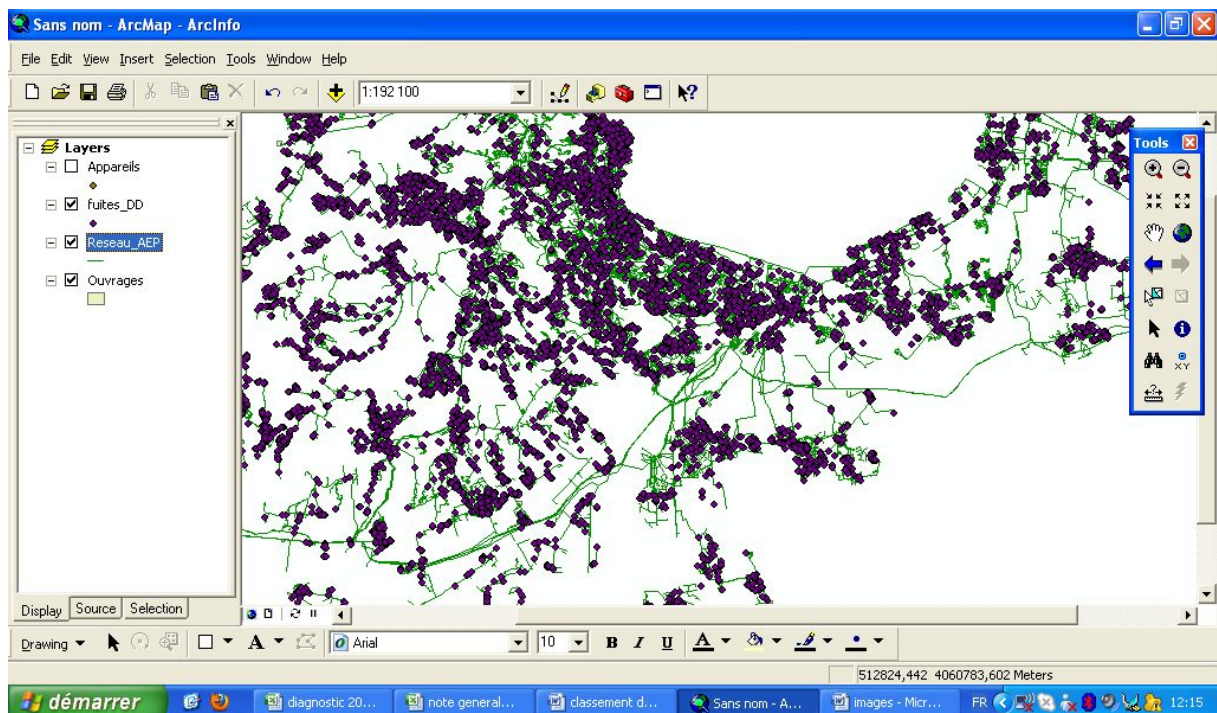


Figure IV-3 : Visualisation de la carte du réseau d'AEP, des fuites et des ouvrages de la wilaya d'Algier

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

Par exemple, si on veut extraire les données relatives au conduites fuyardes, on click avec le bouton droit sur fuites_DD puis sur propriétés

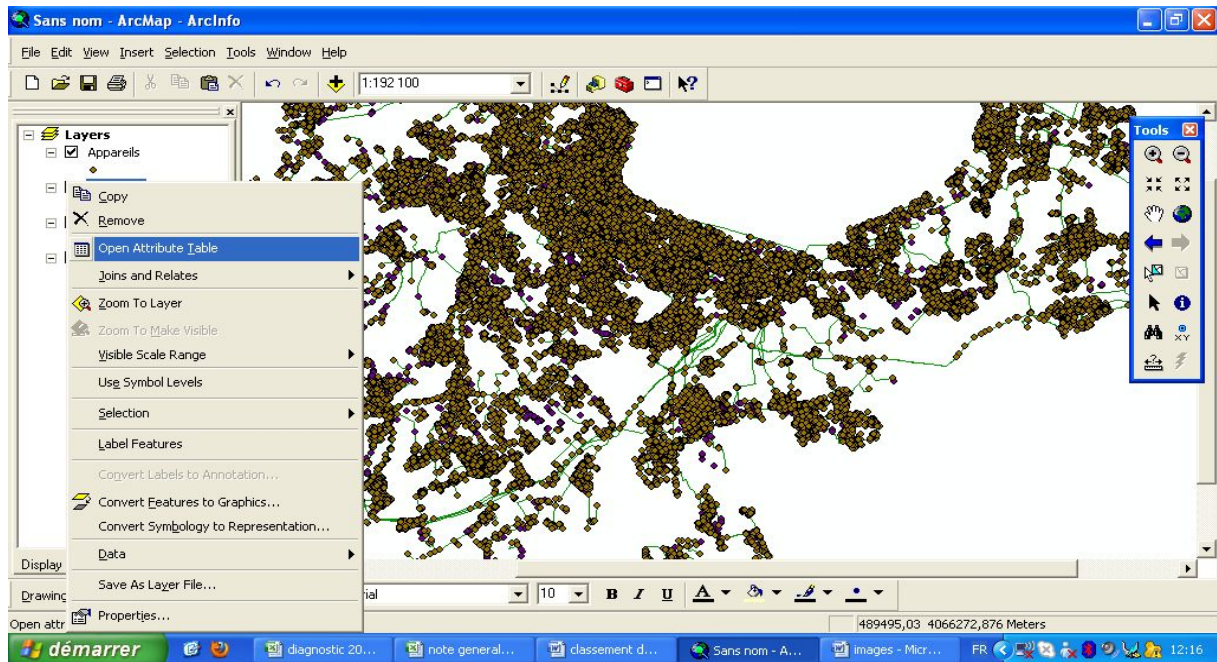


Figure IV-4 : Extraction des données présentent dans le fichier fuite

La fenêtre « layer properties » apparaît, on coche les données dont on a besoin

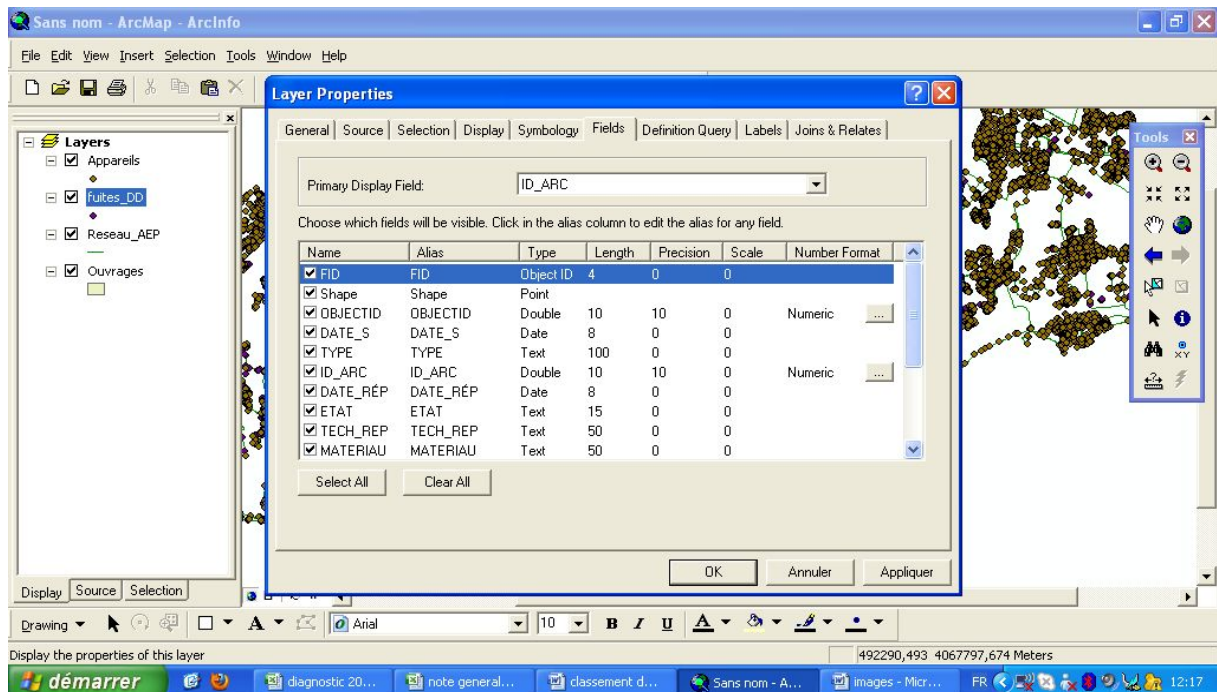


Figure IV-5: Choix de la liste des données à retirer du fichier fuite

On confirme en cliquant sur ok. En suite toujours avec le bouton droit sur fuite_DD on click sur « open attribute table », on obtient la liste des données qu'on a choisit précédemment, on les exporte en cliquant sur option puis export

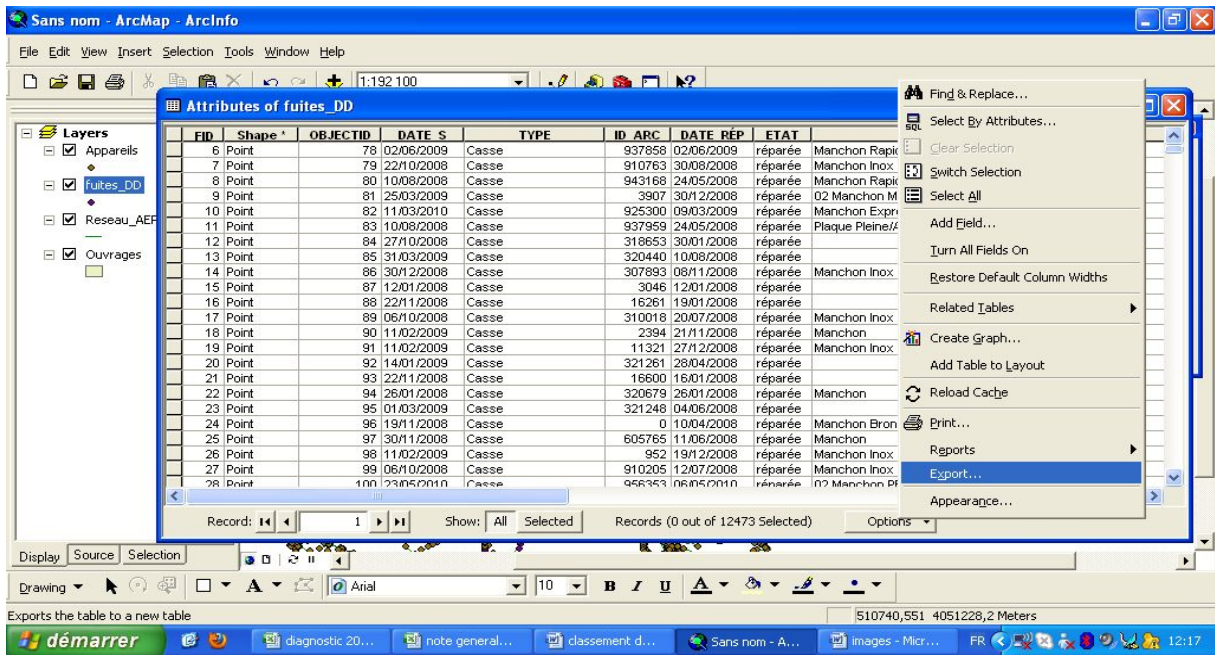


Figure IV-6 : Tableau contenant la liste des données choisies précédemment

On cherche le fichier à ouvrir en cliquant sur « browse »

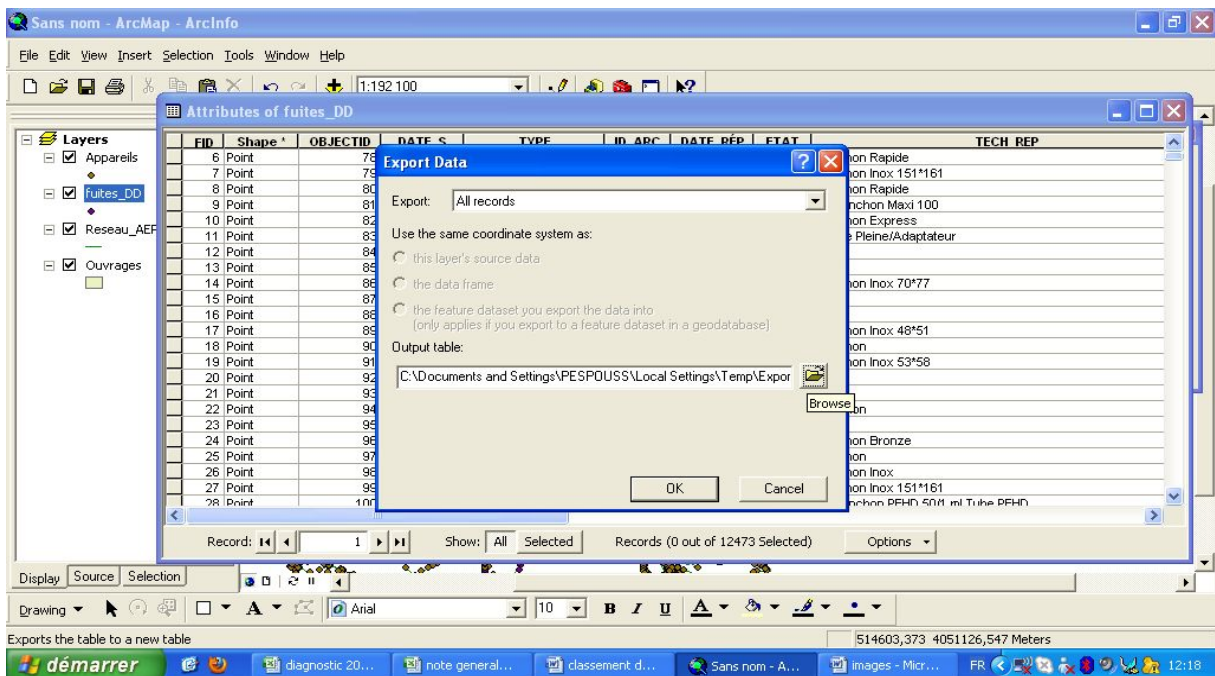


Figure IV-7 : Recherche du fichier à exporter

Puis on le sauvegarde

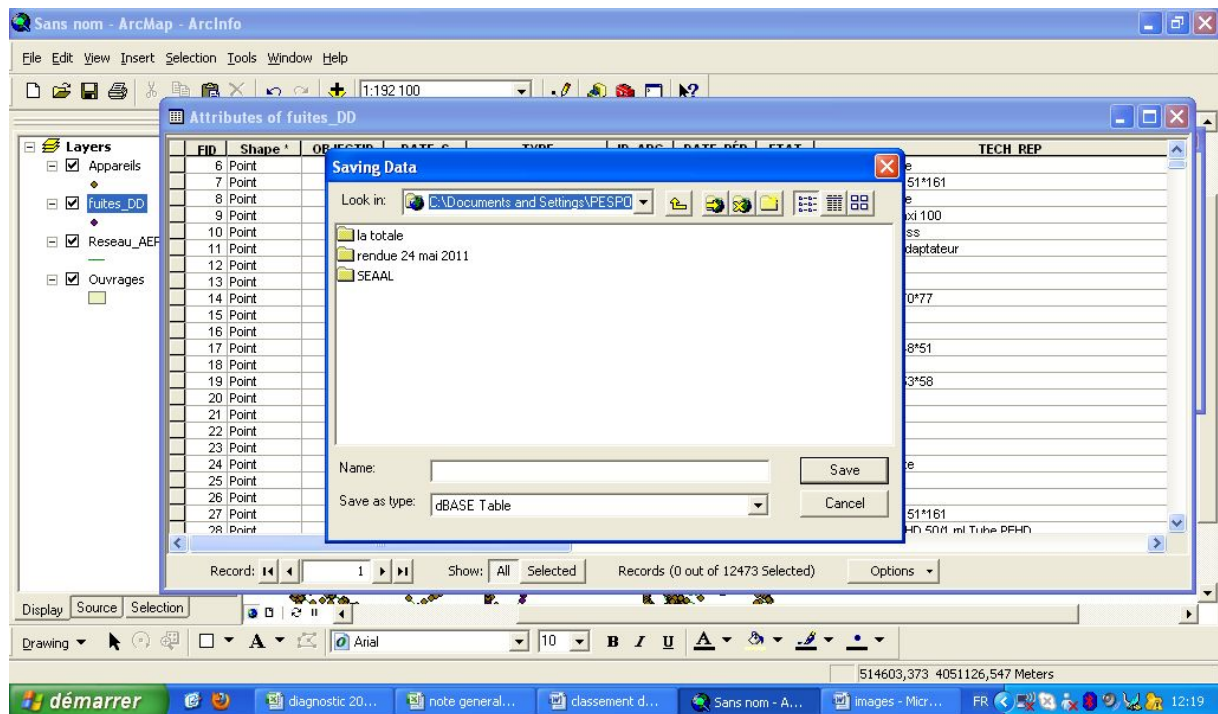


Figure IV-8: Sauvegarde du fichier exporté sous format dbf

Ainsi le fichier sauvegardé pourra être ouvert avec Excel. Cela va nous faciliter la tâche pour le reste de notre travail. On referra le même travail pour obtenir les données relatives au réseau AEP.

IV.4.Travail réalisé

Pour aboutir à une pondération exacte en vue d'établir une priorité de renouvellement de nos conduites nous avons du étudier nos critères un par un et cela en fonction des données disponibles et des objectifs voulus par les gestionnaires.

Après avoir obtenu du SIG les deux types de données nécessaires à notre travail nous les avons injectées dans Excel.

Voici un petit extrait des données relatives à toutes les conduites d'Alger et celles des réparations effectuées par la SEAAL respectivement.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data columns: A: BRANCHE, B: CODE, C: COMM, D: DATE, E: DIAMETRE, F: ENTREP, G: F_ID, H: ID_A, I: IMPLAN, J: JOI, K: LONGUEUR, L: MA, M: NUM, N: SECTEUR, O: A, P: SY, Q: T_ID, R: TYPE, S: CENT. The data rows list various water distribution points across different branches and communes in Algeria.

Figure IV-9 : Tableau représentant la liste des données de toute la wilaya d'Alger

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data columns: A: OB, B: DATE_S, C: TYPI, D: ID, E: DATE_F, F: ETAT, G: TECH_REP, H: MAT, I: DIA, J: LOCALISA, K: PROFON, L: NUM, M: ORIGINE, N: DATE_S, O: Anné. The data rows list specific water leak repair records, including details like the type of leak (e.g., 'Casse'), the date of repair, and the location.

Figure IV-10 : Tableau représentant la liste des données concernant les fuites réparées par la SEAA

Le réseau est représenté dans la carte qui suit :



Figure IV-11 : Carte représentant une partie des conduites de la wilaya d'Alger et leurs matériaux

Cette carte a été obtenue grâce à l'outil ARCMAP, on peut apercevoir dans cette dernière une partie des matériaux utilisés pour les conduites dans le réseau de la wilaya d'Alger, avec les fuites détectées qui sont représentées par un triangle rouge.

On a commencé par déterminer le nombre de réparation effectuée par la SEAAL pour chaque conduite à partir du fichier fuite (SEAAL inscrit chaque fuite réparée dans sa base de données SIG dans le fichier fuite).

Cela a été réalisé à l'aide du tableau croisé dynamique qui se trouve dans la fenêtre insertion d'Excel. Ce tableau est très utile car il nous permet de regrouper des données en nous indiquant selon le désir le nombre de ces données, la somme de leur longueur ...etc.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

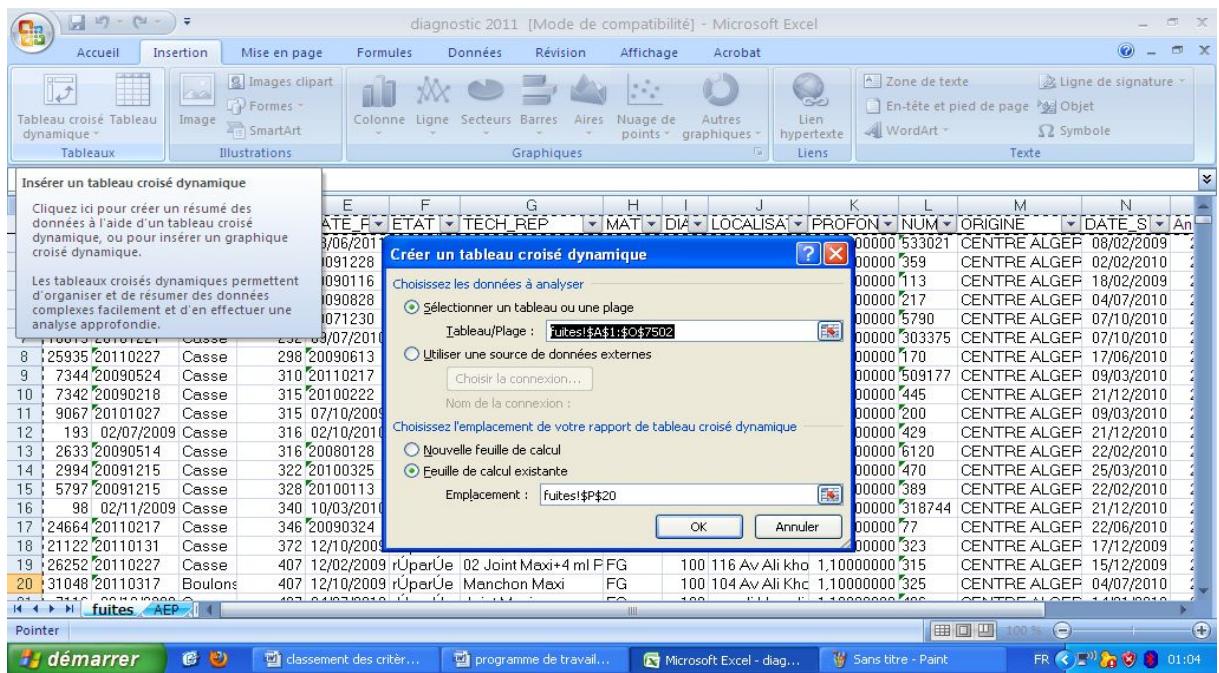


Figure IV-12 : Insertion d'un tableau croisé dynamique

On click sur « nouvelle feuille de calcul » puis sur « ok » on obtient

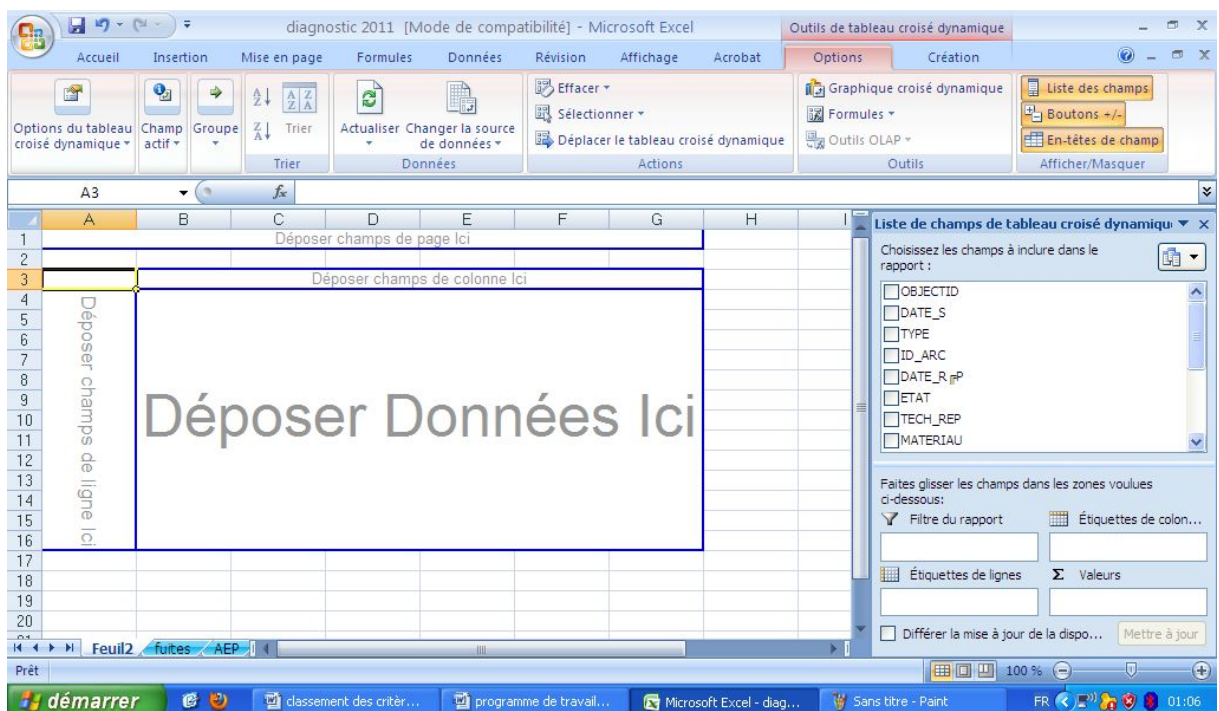


Figure IV-13 : Fenêtre représentant le tableau croisé dynamique

Pour obtenir le nombre de réparation effectuée sur chaque tronçon de conduite, on liste tous les identifiants des arcs des conduites en cliquant sur le champ « ID-ARC » dans la liste des champs du tableau croisé dynamique qui se trouve à droite dans la fenêtre ci-dessus :

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

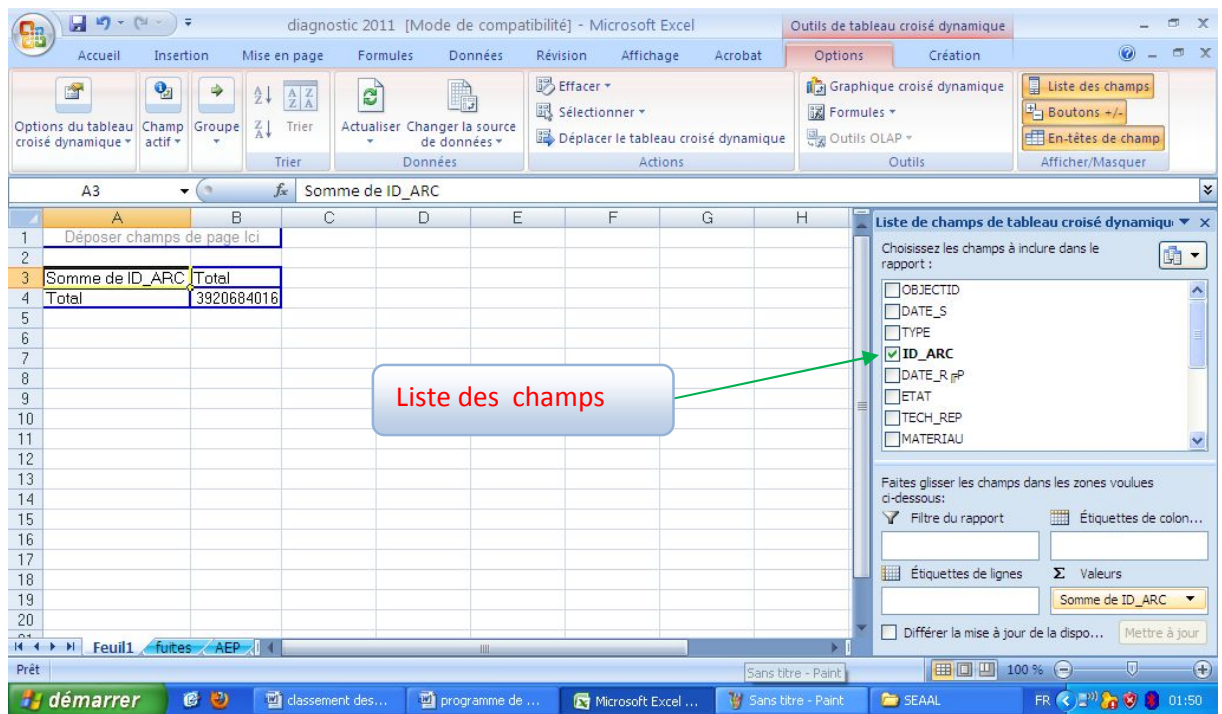


Figure IV-14 : *Choix des données à lister*

Mais comme nous avons besoin du nombre des ID-ARC, nous cliquons sur la fenêtre à droite en bas et on change la « somme de ID_ARC » en nombre d'ID_ARC, pour cela on click sur « paramètres des champs de valeurs »

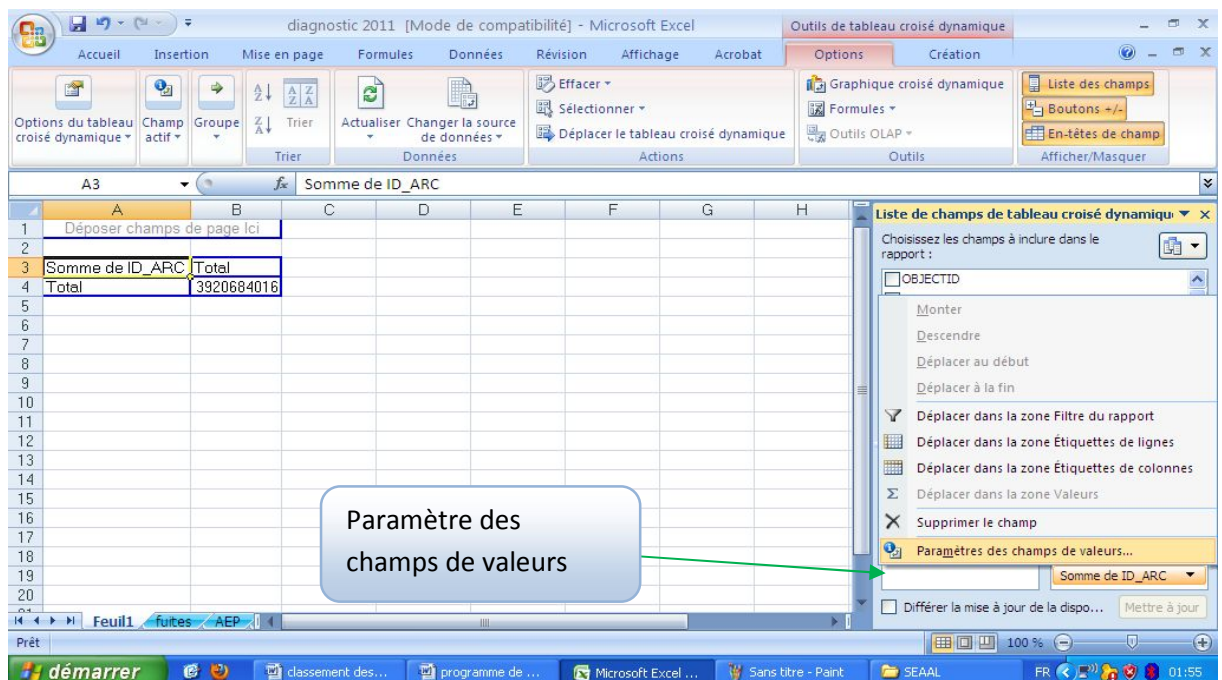


Figure IV-15 : *Changement du paramètre des données à lister*

On obtient

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

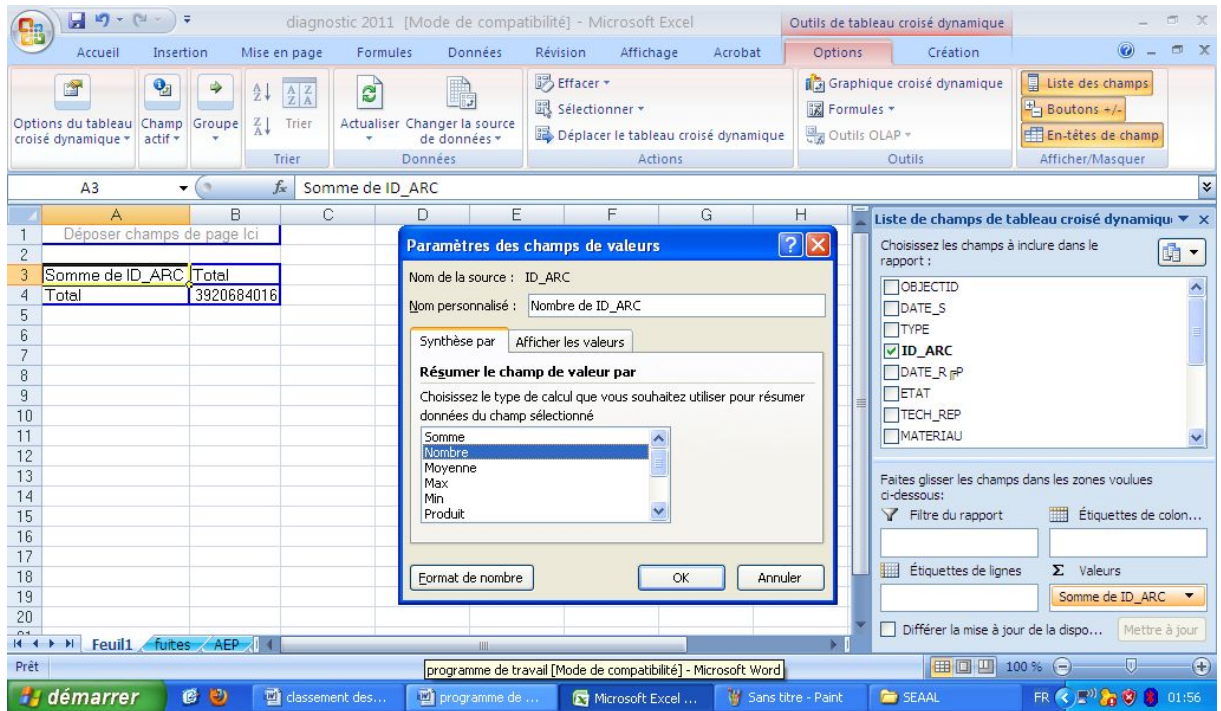


Figure IV-16: Choix du paramètre des données à lister

En cliquant sur nombre puis sur ok on aura

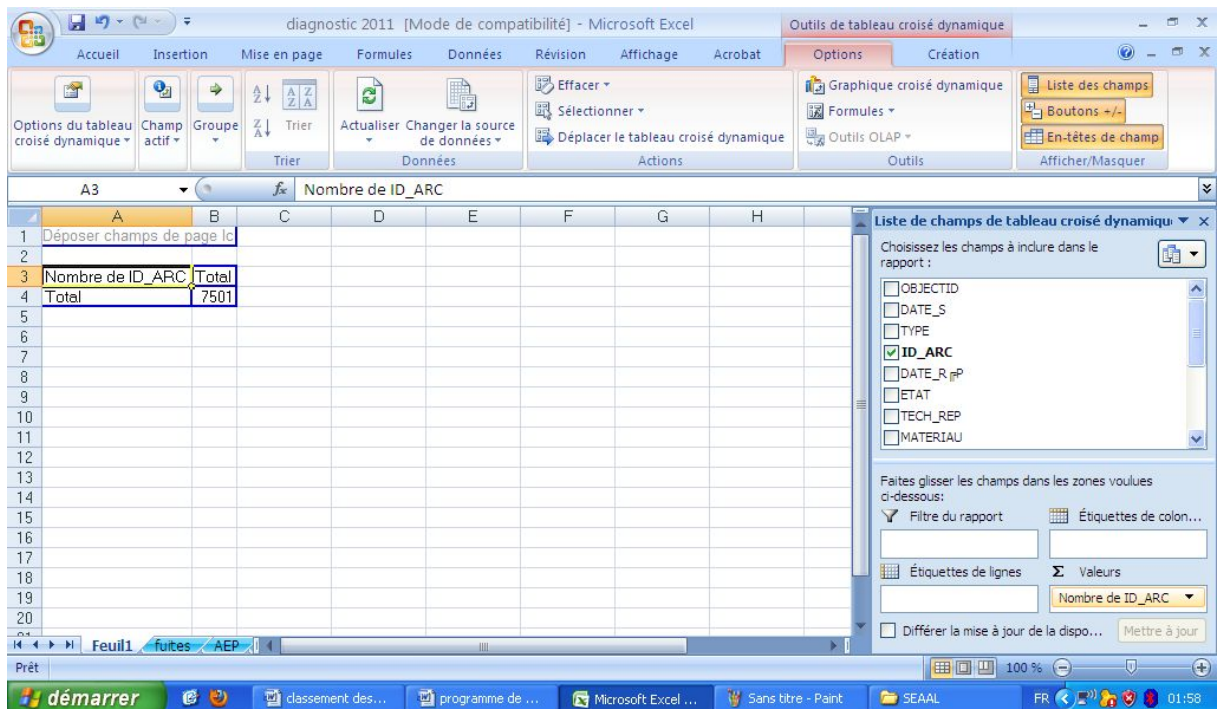


Figure IV-17 : Tableau représentant le choix de données à lister après changement du paramètre

En suite, on glisse le champ « ID_ARC » de la liste de champs de tableau croisé dynamique et on l’injecte sur la case « total » de notre tableau

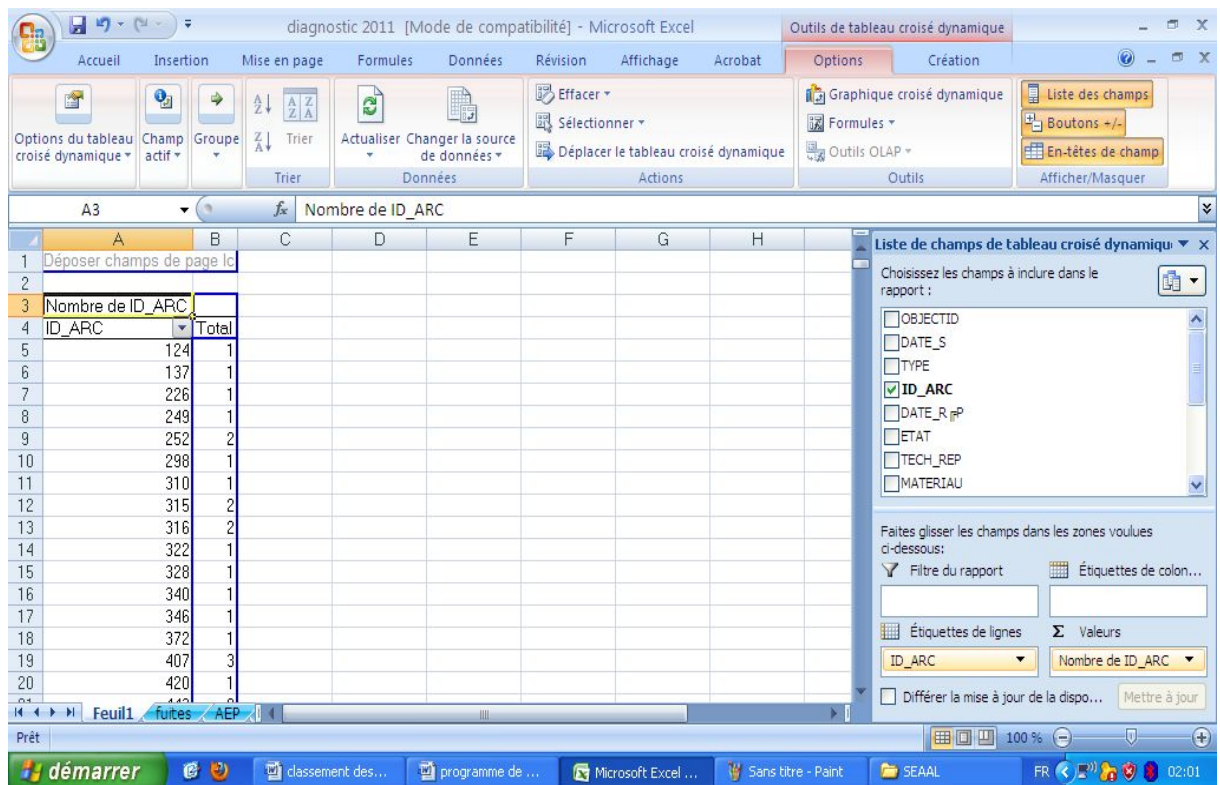


Figure IV-18 : Tableau représentant le nombre de fuite réparée par conduite

Ainsi, on aura obtenu pour chaque tronçon de conduite (ID_ARC) le nombre de réparation effectuée.

On a nommé la Feuille 1 du tableau ci-dessus « nombre fuite »

Puis on a créé une nouvelle feuille « diagnostic » qui regroupe toutes les données précises qui nous seront utiles par la suite pour le calcul des différents ILR en fonction des différents critères.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
	ID_ARC	LONGUEUR	DIAMETRE	MATERIAU	F_ID_NODE	T_ID_NODE	COMMUNE	implantation	TYPE	modulation
1	120	6,3	50	FG	25	1560	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
3	123	31,4	50	FG	6	23	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	cdt modulée
4	124	162,4	80	FG	7	55	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
5	125	1,4	150	FG	8	15671	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
6	133	132,2	100	F	17	955357	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt nn modulée
7	134	5,4	100	F	16	21	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt nn modulée
8	135	63,7	100	F	18	16	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt nn modulée
9	136	3,9	80	FG	7	51	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
10	137	76,5	50	FG	19	18	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
11	138	5,2	50	FG	28	8	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
12	139	3,7	100	F	16	955358	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt nn modulée
13	140	15,4	100	F	21	17	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt nn modulée
14	141	14,5	100	FG	22	9	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	cdt modulée
15	142	21,1	50	FG	23	4	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	cdt modulée
16	143	2,6	50	FG	22	24	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	cdt modulée
17	145	3,1	50	FG	24	23	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	cdt modulée
18	146	18,9	50	FG	25	948885	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
19	149	10,4	50	FG	28	19	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
20	151	30,8	150	FG	29	65	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
21	152	4,4	80	FG	30	1267	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
22	153	119,8	100	FG	31	44	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée
23	155	8,4	100	FG	32	1240	OUED KORICH	Alger Ouest	Distribution	cdt modulée

Figure IV-19 : Tableau du diagnostic réalisé

Ensuite, on a enrichi cette fenêtre pour qu'elle représente au mieux notre réseau en lui injectant la fenêtre « nombre de fuite », cela pour arriver à voir directement à partir de la fenêtre « diagnostic » chaque tronçon de conduite s'il était fuyard ou non.

Pour cela, on a utilisé la fonction « recherchev » dans une nouvelle colonne de la fenêtre « diagnostic ».

Cette fonction a besoin pour s'exécuter des données suivantes :

- ✓ Liste des valeurs cherchées
- ✓ Tableau dans le quel la fonction doit chercher
- ✓ Numéro de la colonne du résultat à afficher
- ✓ Message « vrai » ou « faux », pour indiquer à la fonction si elle doit prendre une valeur rapprochée de celle recherchée au cas ou elle ne retrouve pas cette dernière.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

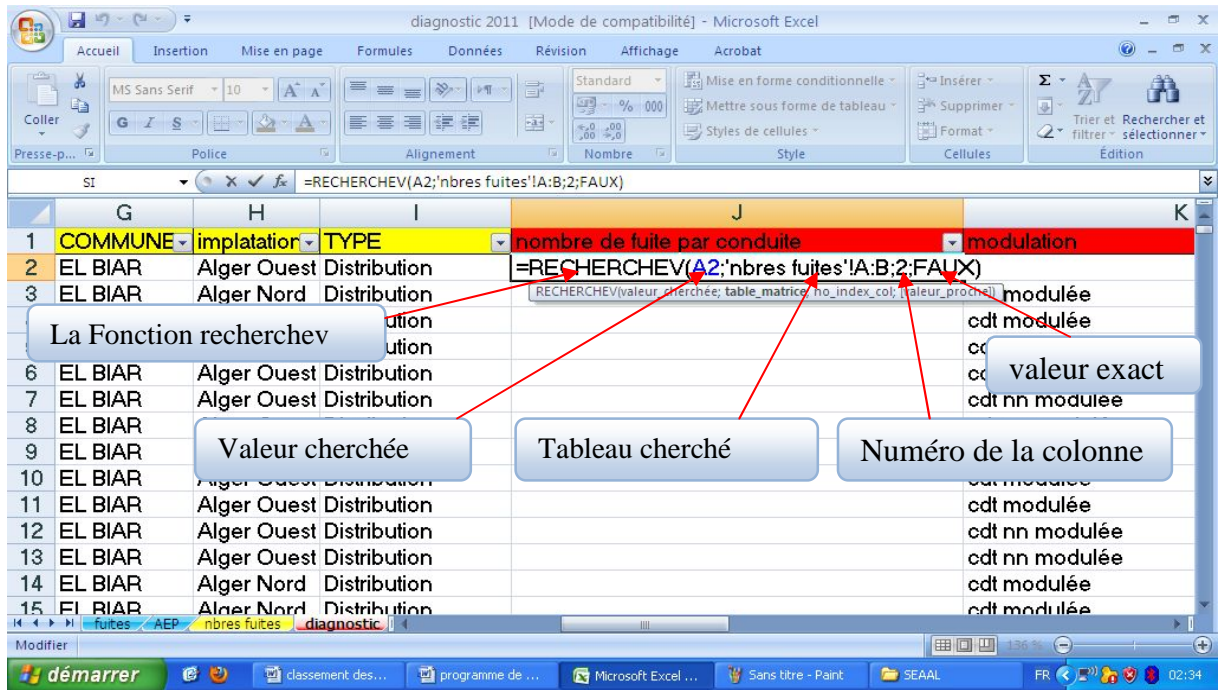


Figure IV-20 : Liste des paramètres à introduire pour l'utilisation de la fonction « recherchev »

En effectuant l'opération

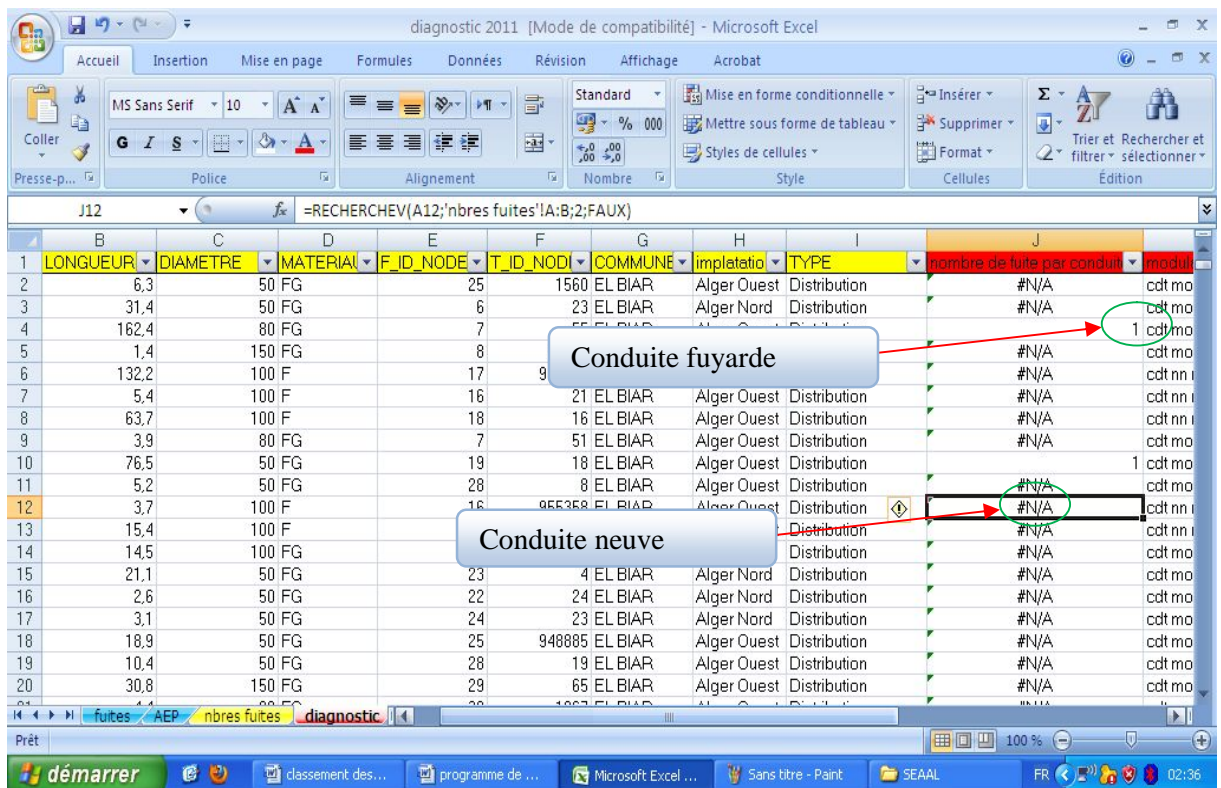


Figure IV-21 : Résultats obtenus après l'utilisation de la fonction « recherchev »

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

Le message d'erreur qui apparaît s'explique par le fait qu'on a interdit à la conduite de prendre une valeur rapprochée de celle recherchée en affichant le résultat. Donc, en ne trouvant pas la valeur recherchée y aura aucun résultat à afficher ainsi le message est erreur.

Pratiquement cela s'explique par le fait que la conduite qui ne fuie pas n'apparaît pas dans le tableau des conduites qui fuient.

Ainsi, pour avoir une colonne plus lisible on enlève le message d'erreur, et on le remplace par un « 0 » vu que la conduite ne fuie pas.

Pour cela, on utilise la fonction « si » qui a besoin des indications suivantes :

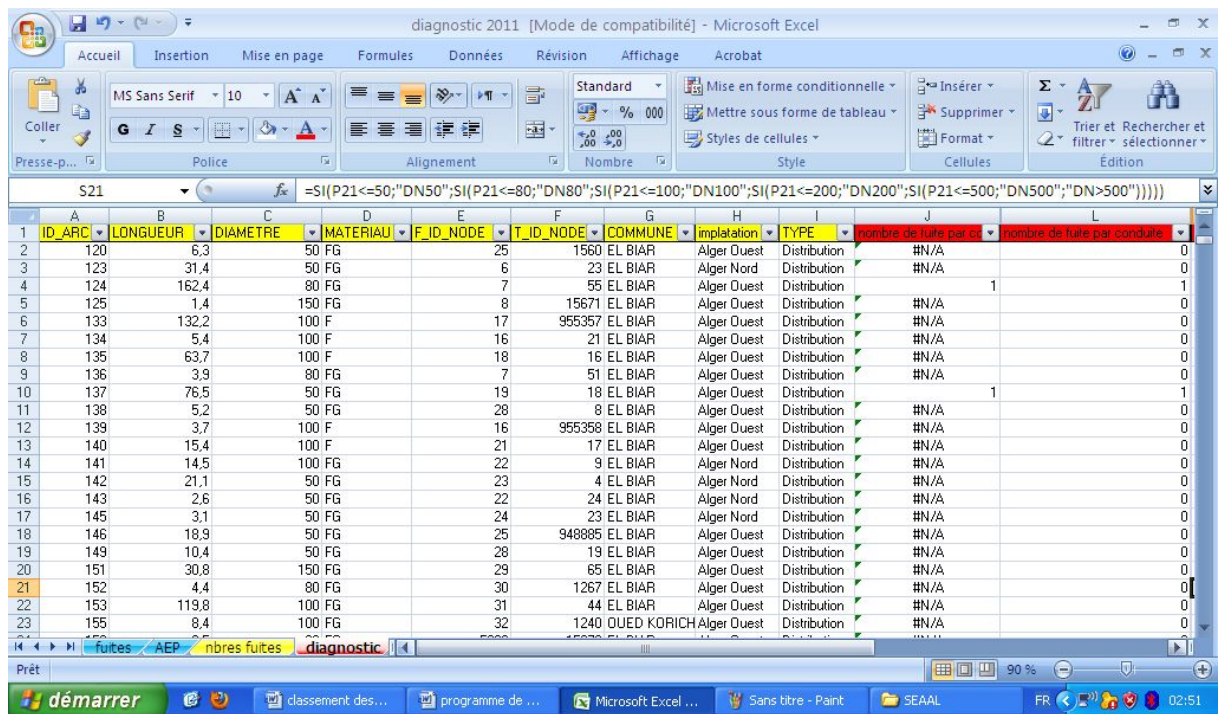
- ✓ La condition à satisfaire
- ✓ En cas de satisfaction de la condition, quelle valeur faudra afficher
- ✓ En cas de non satisfaction de la condition, quelle valeur faudra afficher

	F	G	H	I	J	L
2	1560	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	=SI(ESTERREUR(J2=VRAI);0;J2)
3	23	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	#N/A	SI(test_logique; [valeur_si_vrai]; [valeur_si_faux])
4	55	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		1
5	15671	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
6	955357	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
7	21	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
8	16	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
9	51	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
10	18	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		1
11	8	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
12	955358	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
13	17	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		
14	9	EL BIAR	Alger Nord	Distribution		
15	4	EL BIAR	Alger Nord	Distribution		
16	24	EL BIAR	Alger Nord	Distribution		
17	23	EL BIAR	Alger Nord	Distribution		
18	948885	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution		

Figure IV-22 : Correction du résultat obtenu par la fonction « recherchev » en utilisant la fonction « si »

En entrant cette fonction, voici le résultat obtenu

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation



ID_ARC	LONGUEUR	DIAMETRE	MATERIAU	F_ID_NODE	T_ID_NODE	COMMUNE	implantation	TYPE	nombre de fuite par ci	nombre de fuite par conduite
1	120	6,3	50 FG	25	1560	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
3	123	31,4	50 FG	6	23	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	#N/A	0
4	124	162,4	80 FG	7	55	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	1	1
5	125	1,4	150 FG	8	15671	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	0	0
6	133	132,2	100 F	17	955357	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
7	134	5,4	100 F	16	21	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
8	135	63,7	100 F	18	16	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
9	136	3,9	80 FG	7	51	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
10	137	76,5	50 FG	19	18	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	1	1
11	138	5,2	50 FG	28	8	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
12	139	3,7	100 F	16	955358	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
13	140	15,4	100 F	21	17	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
14	141	14,5	100 FG	22	9	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	#N/A	0
15	142	21,1	50 FG	23	4	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	#N/A	0
16	143	2,6	50 FG	22	24	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	#N/A	0
17	145	3,1	50 FG	24	23	EL BIAR	Alger Nord	Distribution	#N/A	0
18	146	18,9	50 FG	25	948885	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
19	149	10,4	50 FG	28	19	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
20	151	30,8	150 FG	29	65	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
21	152	4,4	80 FG	30	1267	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
22	153	119,8	100 FG	31	44	EL BIAR	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0
23	155	8,4	100 FG	32	1240	OUED KORICH	Alger Ouest	Distribution	#N/A	0

Figure IV-23 : Résultats obtenus après l'utilisation de la fonction « si »

Une fois cette partie achevée, nous avons commencé à déterminer les ILR en fonction de chaque critère.

Pour se faire, nous avons réutilisé le tableau croisé dynamique à chaque fois.

Exemple :

- ILR en fonction du matériau :

Pour obtenir l'ILR en fonction du matériau, on regroupe tous les types de matériaux existants dans le fichier diagnostic en cliquant sur « matériau » dans la liste des champs du tableau croisé dynamique.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

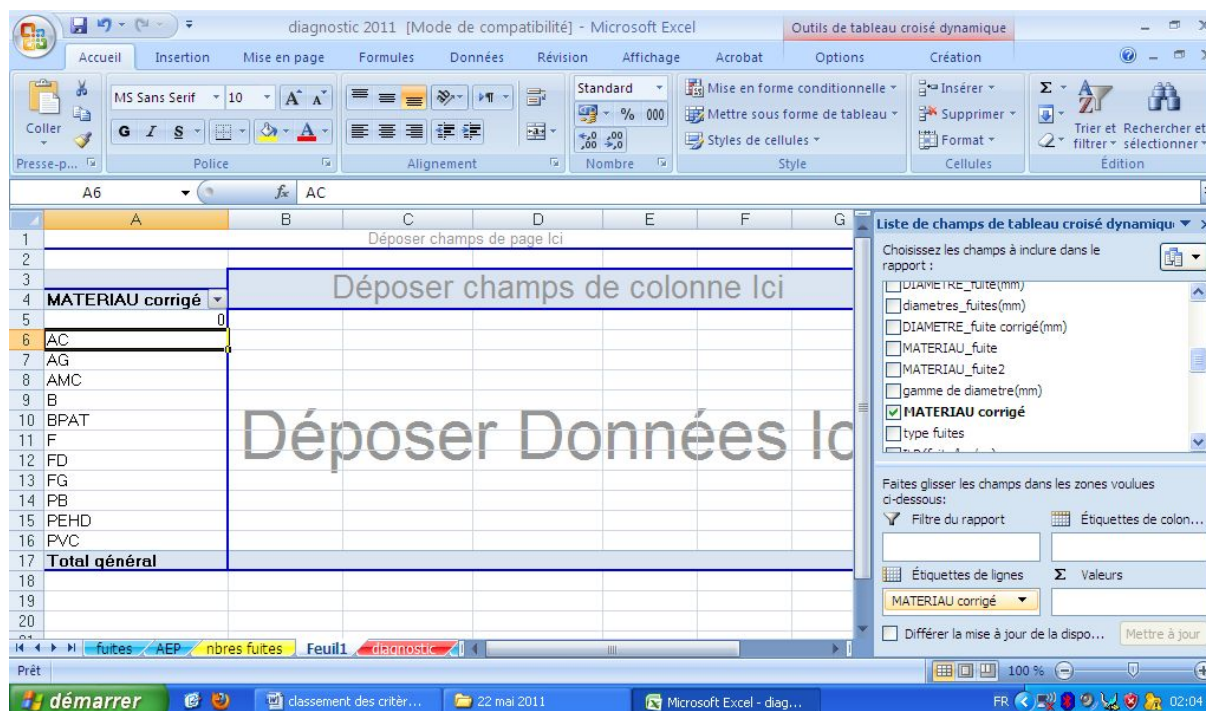


Figure IV-24 : Tableau regroupant les matériaux utilisés à l'aide du tableau croisé dynamique

Puis, on glisse le champ «nombre de fuite par conduite » à partir de la liste de champs de tableau croisé dynamique pour le déposer dans la zone du tableau « déposer données ici »

Cette étape nous permet de connaître pour chaque matériau le nombre de fuite répertoriée et réparée

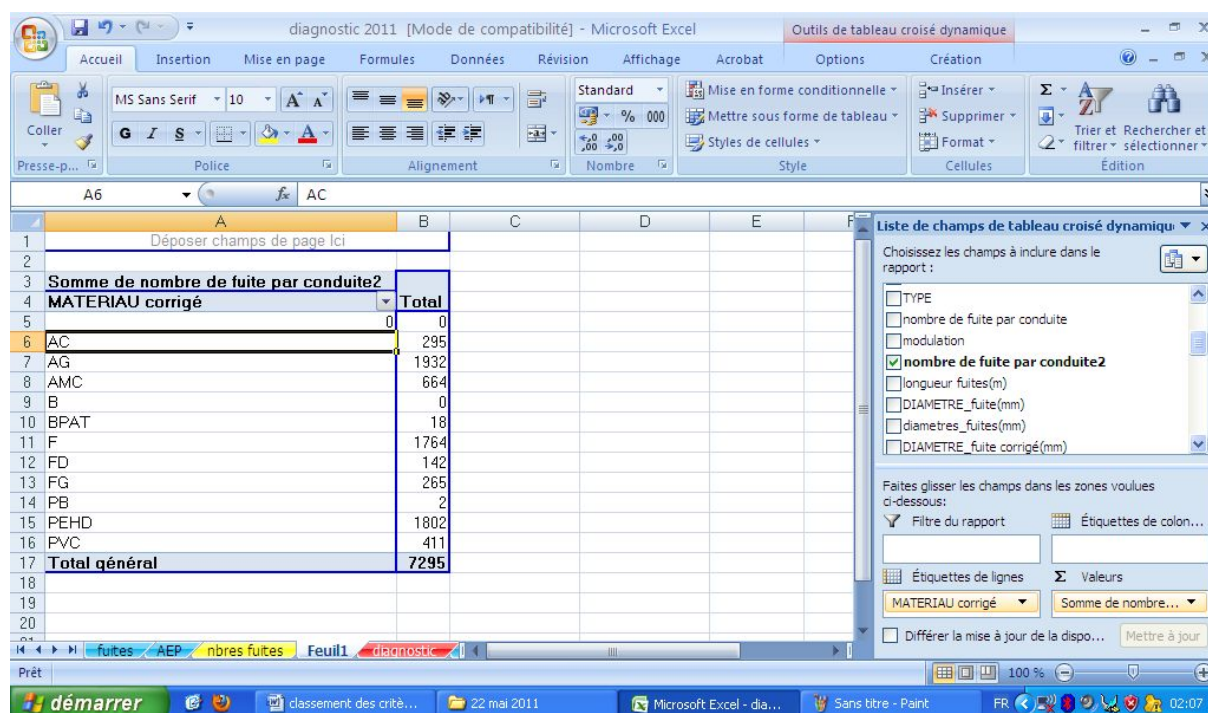
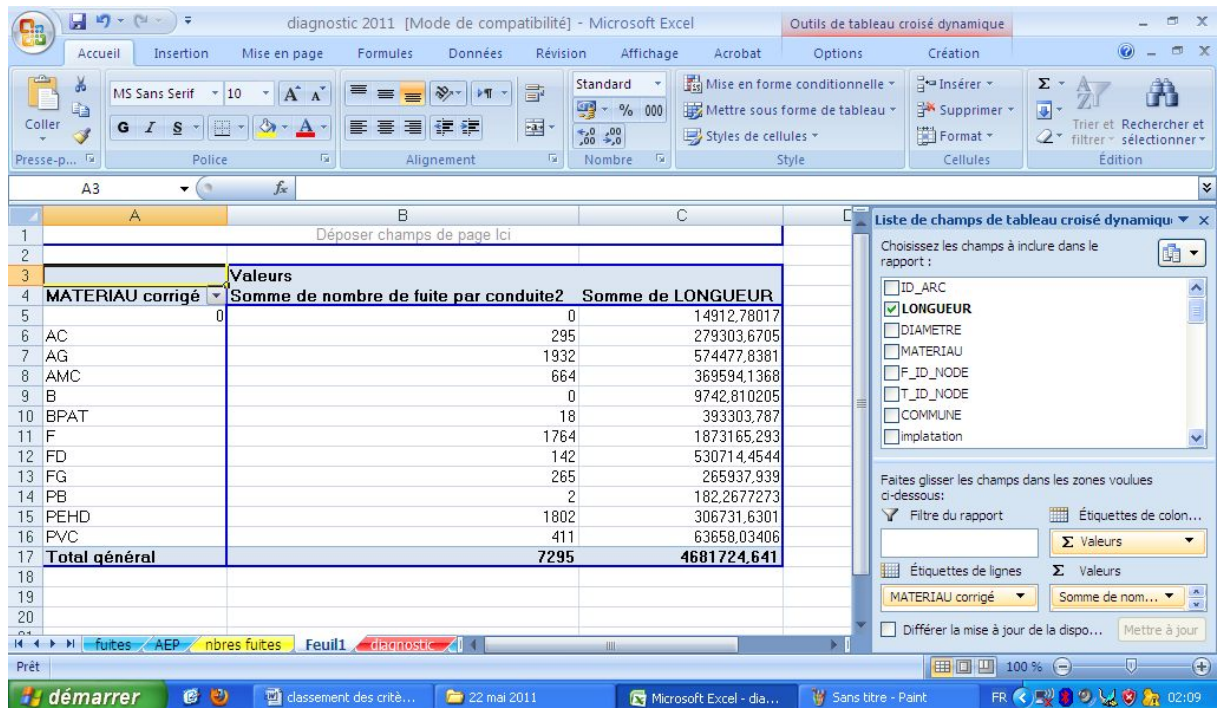


Figure IV-25 : Image indiquant le nombre de fuites recensées par matériau

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

Puis, on continue en cochant le champ « longueur » toujours dans la liste des champs du tableau croisé dynamique.

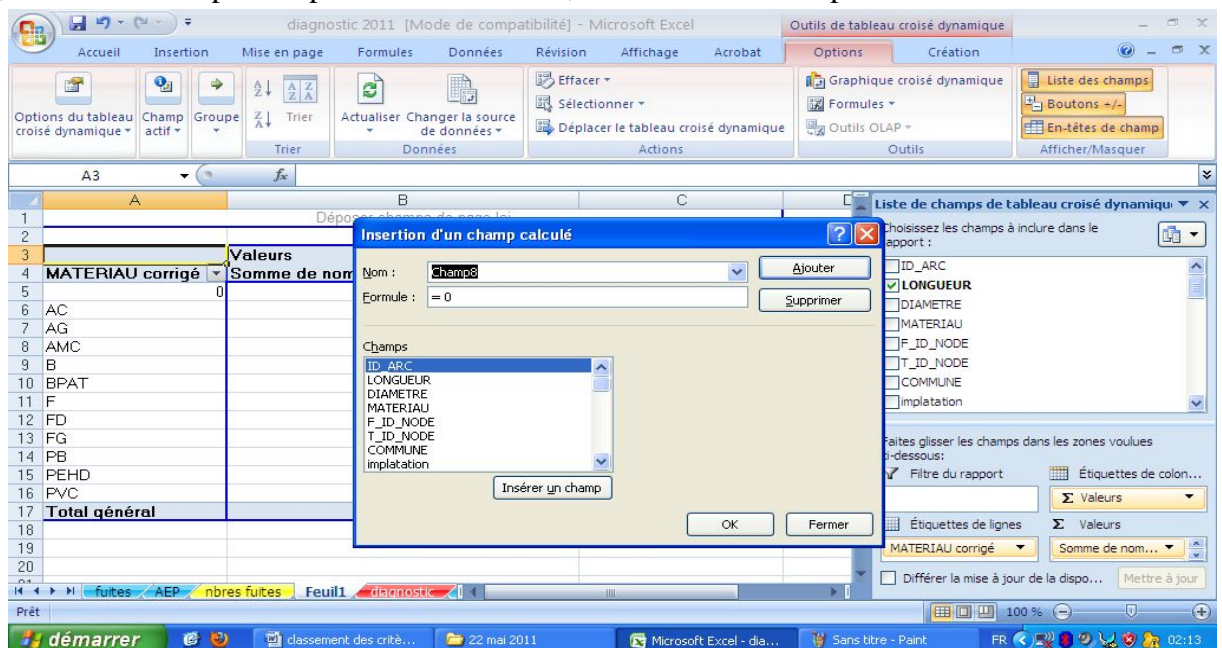
Cette étape nous permet de connaître la longueur totale de chaque matériau sur toute la wilaya d'Alger



MATERIAU corrigé	Somme de nombre de fuite par conduite?	Somme de LONGUEUR
	0	14912,78017
AC	295	279303,6705
AG	1932	574477,8381
AMC	664	369594,1368
B	0	9742,810205
BPAT	18	393303,787
F	1764	1873165,293
FD	142	530714,4544
FG	265	265937,939
PB	2	182,2677273
PEHD	1802	306731,6301
PVC	411	63658,03406
Total général	7295	4681724,641

Figure IV-26: Image représentant les longueurs des conduites par matériau

Enfin, pour obtenir l'ILR il faut définir sa formule pour qu'il puisse être calculé, pour cela, on click sur « option » puis sur « formule », en suite sur « champ calculé »



MATERIAU corrigé	Somme de nombre de fuite par conduite?	Somme de LONGUEUR
	0	14912,78017
AC	295	279303,6705
AG	1932	574477,8381
AMC	664	369594,1368
B	0	9742,810205
BPAT	18	393303,787
F	1764	1873165,293
FD	142	530714,4544
FG	265	265937,939
PB	2	182,2677273
PEHD	1802	306731,6301
PVC	411	63658,03406
Total général	7295	4681724,641

Figure IV-27: Insertion d'un champ à calculer

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

Le tableau ci-dessus apparait, on donne un nom à notre fonction, dans notre cas c'est l'ILR. On écrit sa formule dans l'espace qui lui est réservé, pour se faire on insère les champs préalablement définis.

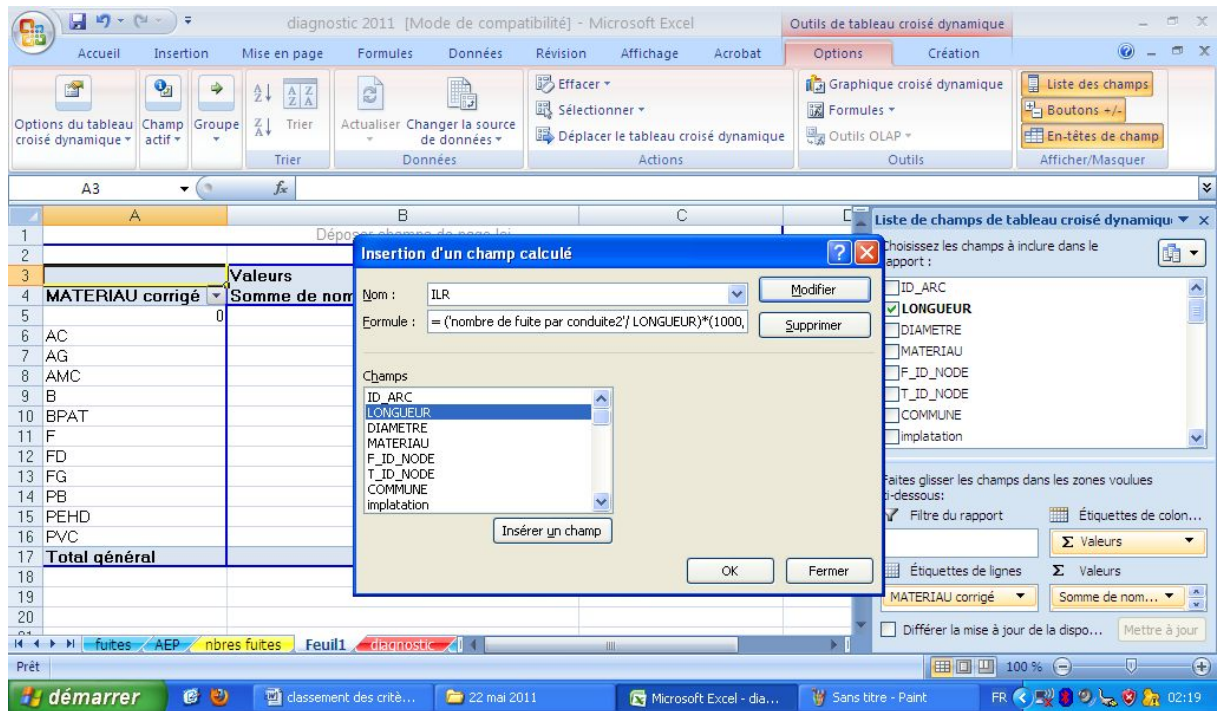


Figure IV-28: Insertion de la formule du champ à calculer

On valide en cliquant sur « ok »

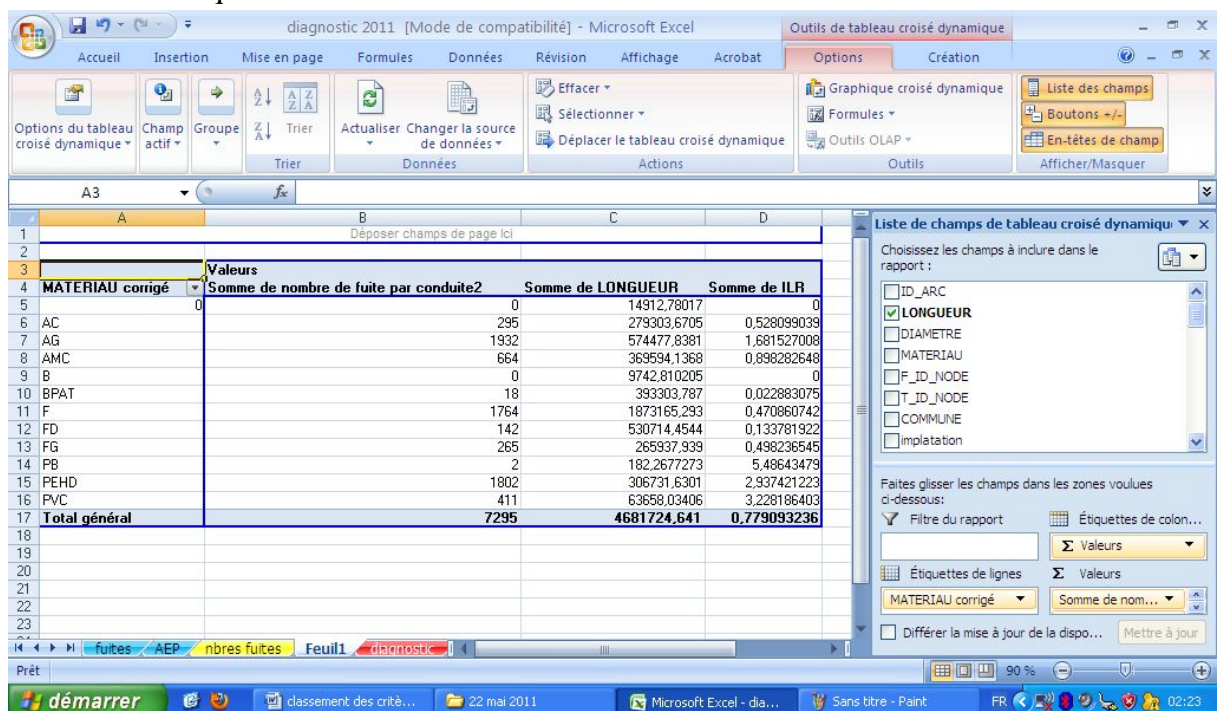


Figure IV-29 : Image représentant l'ILR par matériau

On continue en enlevant la coche « longueur » et « nombre de fuite par conduite » de la liste de champs de tableau croisé dynamique pour que notre tableau soit représentatif seulement du matériau et de son ILR, puis on click sur « trier et filtrer » on obtient finalement un tableau qui représente par ordre croissant l'importance des fuites liés à chaque matériau, en prenant soin de renommer la feuille 1 par « ILR_Matériau »

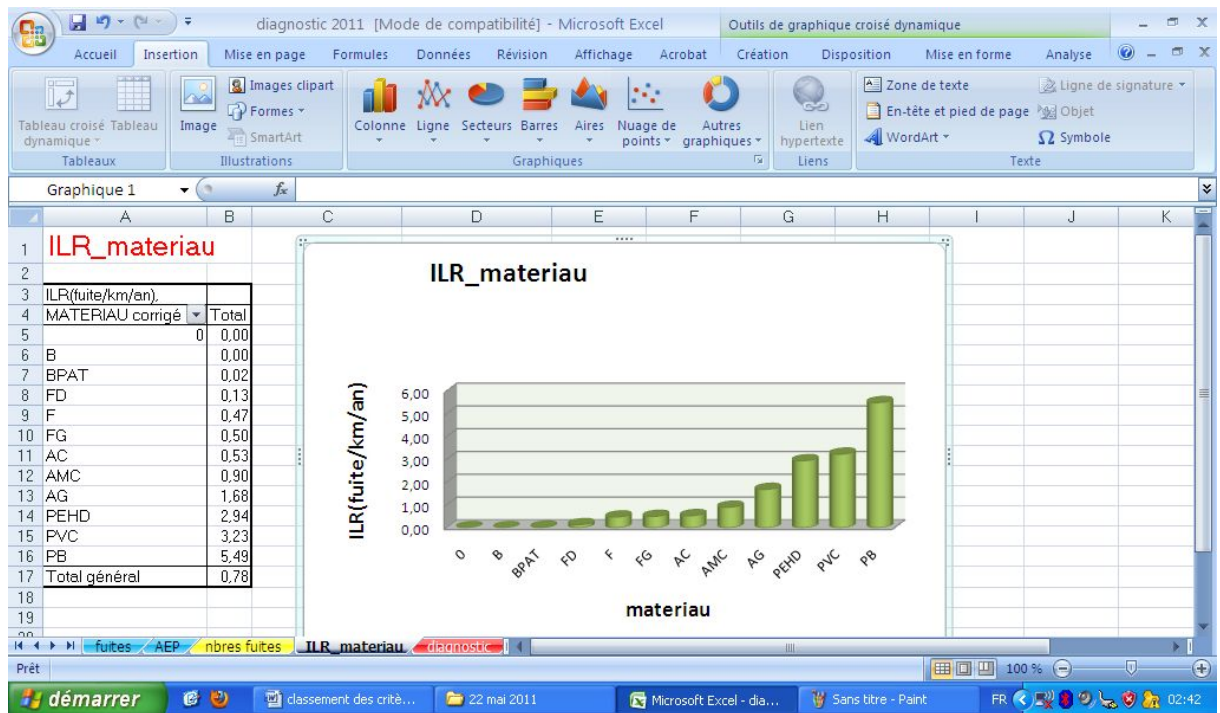


Figure IV-30: Affichage du résultat de l'ILR par matériau

Ce graphe est très utile car, il nous permet d'apprécier au mieux le matériau qui cause le plus de fuite, cela peut aider par la suite en cas de renouvellement de nos conduites à choisir un matériau plus robuste.

IV.5. Les résultats

• 5.1. ILR en fonction du matériau :

Le tableau ci-dessous représente les matériaux qui fuient classés par ordre croissant

- Acier : AC
- Acier galvanisé : AG
- Amiante ciment : AC
- Béton : B
- Fonte : F
- Fonte grise : FG
- Fonte ductile : FD

Tableau IV-1: ILR par matériau

MATERIAU	ILR (fuite/km/an)
B	0,00
BPAT	0,02
FD	0,13
F	0,47
FG	0,50
AC	0,53
AMC	0,90
AG	1,68
PEHD	2,94
PVC	3,23
PB	5,49

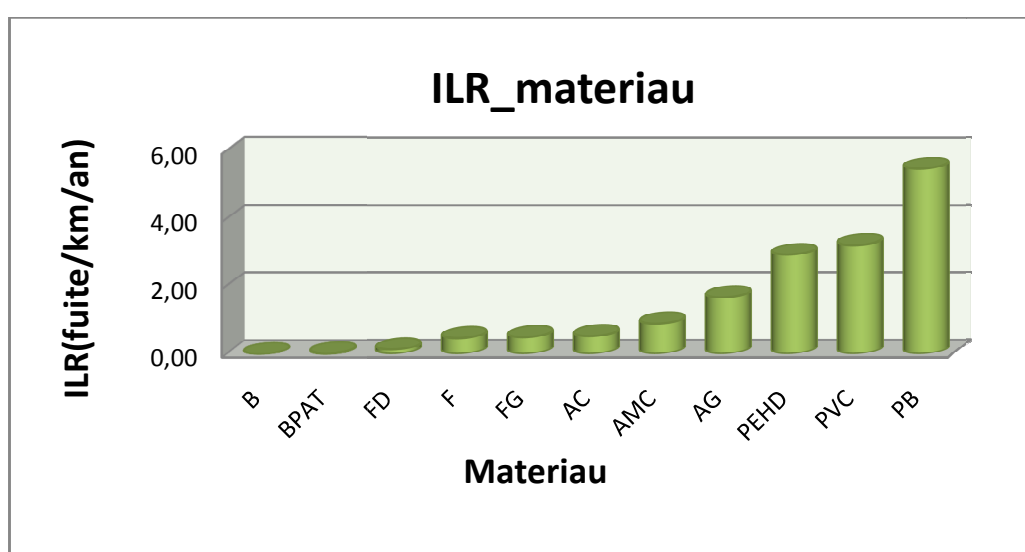


Figure IV-31: Histogramme de l'ILR en fonction du matériau

Le graphe ci-dessus représente encore mieux l'évolution de l'ILR en fonction du matériau.

- **5.2. ILR en fonction de la gamme de diamètre:**

La démarche à suivre est la même que celle suivie pour déterminer l'ILR en fonction du matériau, seulement que le regroupement des différents diamètres ne se fait pas automatiquement en créant un tableau croisé dynamique comme vu plus haut. Dans ce cas, on aura diamètre par diamètre le nombre de fuite constatée. Donc pour avoir un résultat plus représentatif nous avons créé dans la fenêtre « diagnostic » une colonne « gamme de diamètre » et nous avons par suite affecté chaque diamètre à sa gamme.

Passé cette étape, nous avons pu lancer notre tableau croisé dynamique et nous avons obtenus les résultats suivants

Tableau IV-2: *ILR par gamme de diamètre*

gamme de diamètre (mm)	ILR (fuite/km/an)
DN>500	0,01
DN500	0,22
DN200	0,58
DN100	0,69
DN80	1,66
DN50	1,75

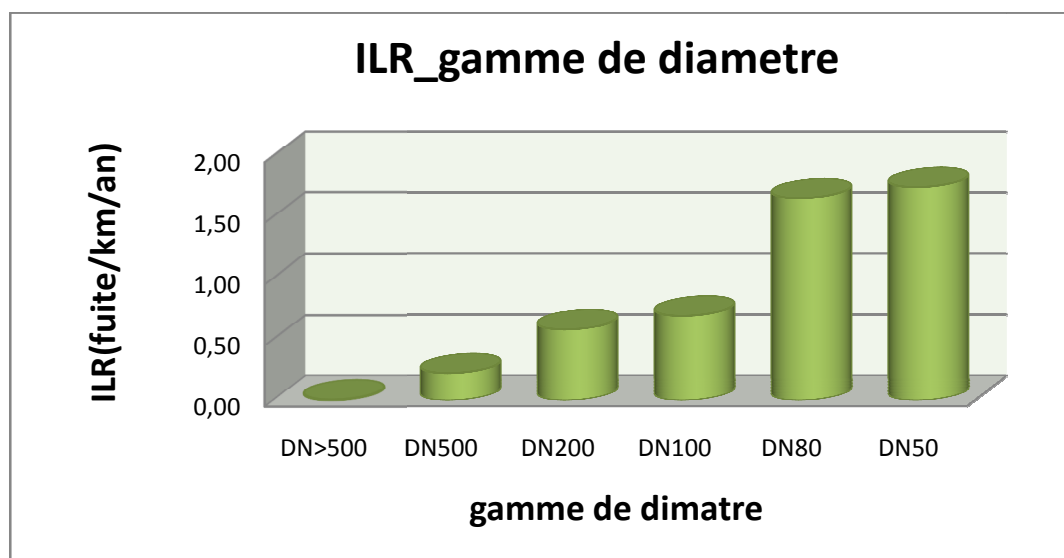


Figure IV-32 : *Histogramme de l'ILR en fonction de la gamme de diamètre*

Le graphe montre clairement que le taux de fuite augmente largement en présence de petits diamètres. Ainsi le renouvellement des conduites touchera essentiellement les petits diamètres qui sont destinés à la distribution.

- **5.3. ILR en fonction du type :**

On a jugé qu'il est nécessaire de déterminer la tendance des fuites en fonction du type de service fourni par nos conduites.

Ainsi nous avons effectué le même travail que pour les autres critères, nous avons aboutit aux résultats suivants

Tableau IV-3 : ILR par type de fonctionnement

TYPE	ILR (fuite/km/an)
BY PASS	0,00
Conduite de vidange	0,00
Aspiration	0,00
Abandonné	0,01
Adduction	0,02
Refoulement	0,04
Adduction/Eau de mer	0,05
Hors service	0,10
Refoulement/Eau Souterraine	0,11
Distribution	0,94

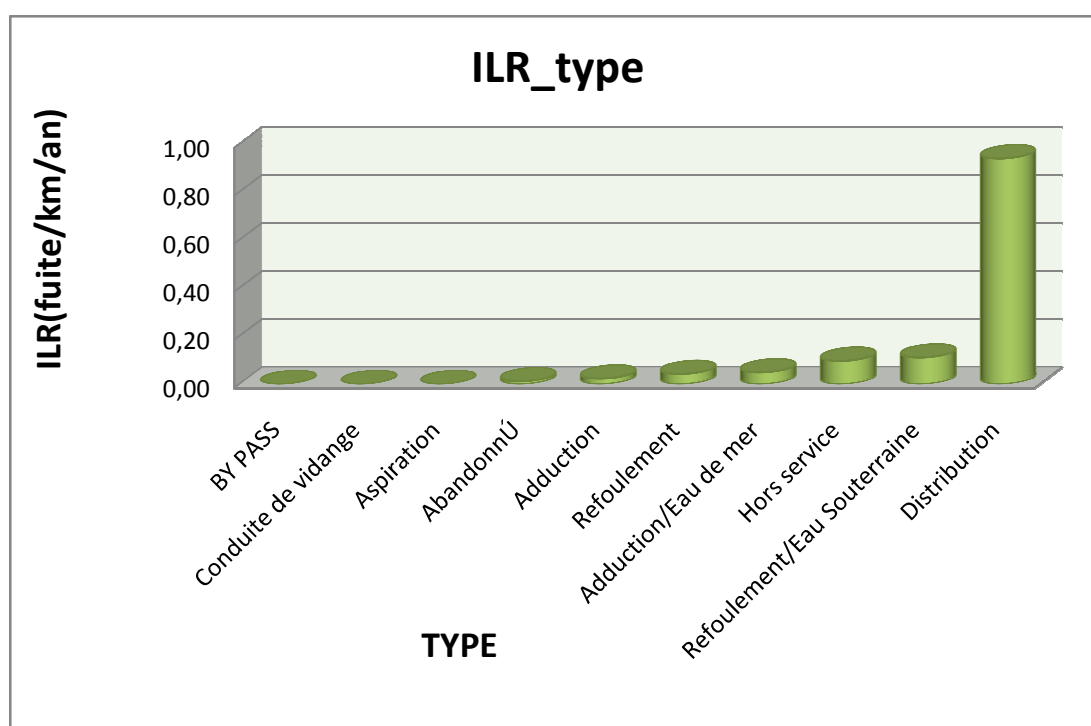


Figure IV-33 : Histogramme de l'ILR en fonction du type de fonctionnement

Nous constatons que les fuites enregistrées et réparées dans notre réseau s'inscrivent en majorité dans la partie distribution. Cela s'explique par le fait que ces conduites sont les plus exploitées pour l'alimentation de la population, alors nous avons décidé de regrouper tout les autres services fournis par nos conduites dans un seul service appelé adduction

Tableau IV-4 : ILR par type de fonctionnement généralisé

type	ILR (fuite/km/an)
adduction	0,049
distribution	0,93

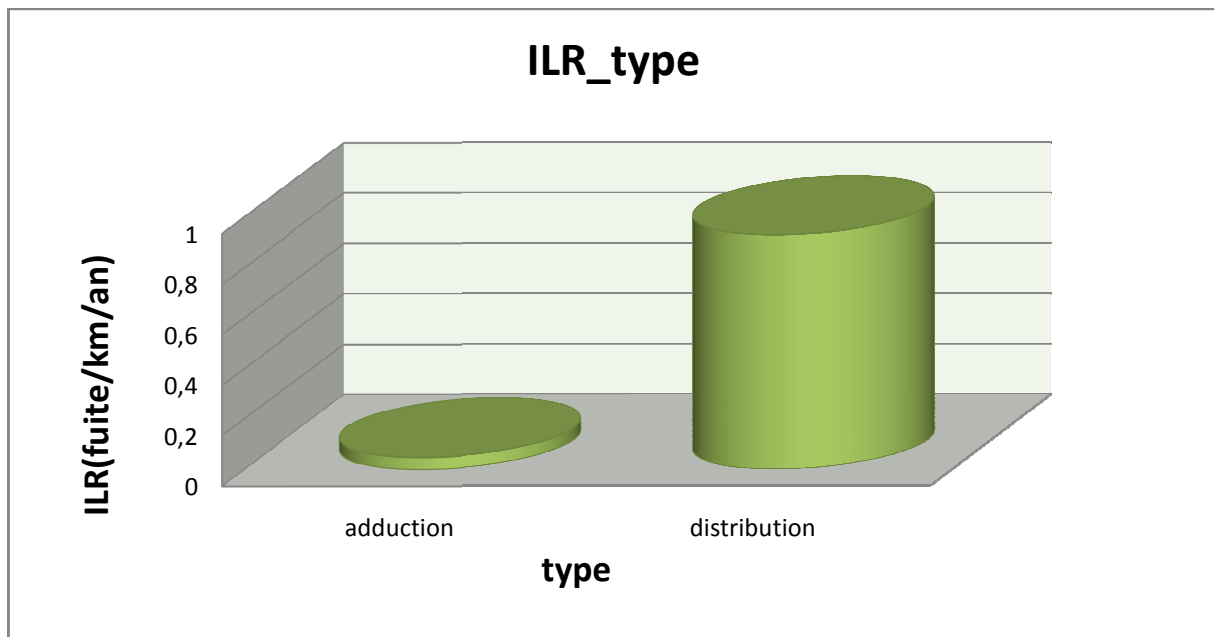


Figure IV-34 : Histogramme de l'ILR en fonction du type de fonctionnement généralisé

- **5.4. ILR en fonction de l'implantation :**

Vu que la wilaya d'Alger est départagée en zones, nous avons fait la même étude que précédemment pour voir si les fuites répertoriées ont une tendance à augmenter en fonction de l'endroit donc, pour voir si le nombre de population desservis dans une agglomération ou la topologie de la région ont une influence sur notre réseau.

La démarche de l'étude est similaire aux autres études faites auparavant.

Tableau IV-5 : ILR par implantation

implantation	ILR (fuite/km/an)
Usines relais	0,00
SAA	0,00
Maintenance adductrices	0,00
Mazafran	0,00
Boudouaou	0,01
El harrach	0,10
Alger Est	0,25
Dar el Beida	0,50
Sidi Moussa	0,59
Alger Centre	0,63
Alger Ouest	0,63
Draria	0,72
Alger Sud	0,74
Birtouta	0,79
Gue de Constantine	0,80
Alger Nord	0,84
Rouiba	0,93
Cheraga	1,20
ZÚralda	2,02

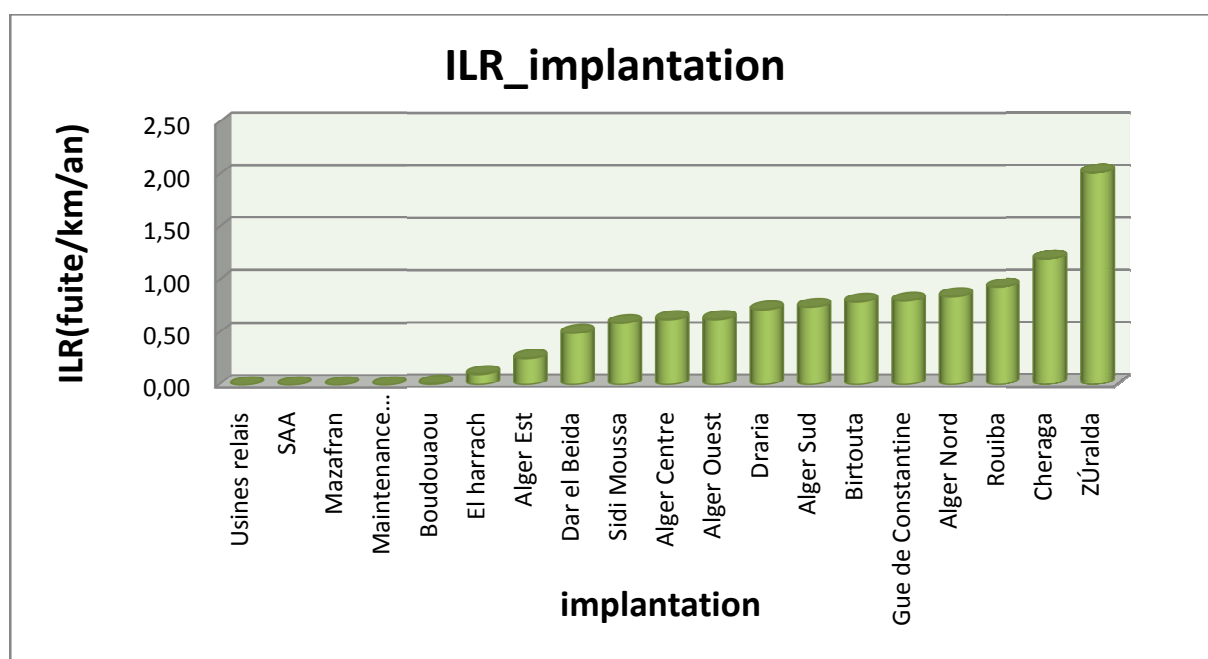


Figure IV-35 : Histogramme de l'ILR en fonction de l'implantation

Nous remarquons que les régions de l'ouest d'Alger enregistrent les taux de fuites les plus importants.

Nous aurions pu continuer à faire nos études de variation de l'ILR en fonction de la pression, de la vitesse et du débit à l'intérieur de nos conduites mais l'absence de données fiables nous a contraintes à nous arrêter. Ce point sera expliqué plus en détail dans l' « Audit des données »

Après avoir déterminé l'importance de chaque critère nous avons commencé à pondérer. La pondération s'est faite d'une façon manuelle, c'est-à-dire en fonction de l'importance du critère constaté par des études antérieures et des réalités rapportées du terrain on affecte un poids au critère

C'est à nous de bien choisir la notation en fonction du nombre de critère pris en compte pour l'étude de façon à ce que la note globale de chaque conduite ne dépasse pas les 100 points.

Tous les critères de classe indifférence auront une note de 0. Bien que les classes de nos critères aient été établies précédemment, le programme réalisé peut modifier ces classes si nécessaire.

Tout cela a été enregistré dans une table de commande que le décideur devra consulter pour obtenir le classement de ces conduites.

IV.6. Audit des données

Les données rapportaient du SIG et avec les quelles nous avons effectué notre étude présentaient plusieurs anomalies. Ainsi nous aurions pu faire une étude plus fructueuse et plus représentative si seulement les données obtenues étaient de qualité.

Dans ce qui suit nous allons lister toutes les anomalies aux quelles nous avons eu à faire durant notre travail.

1- Absence de relation entre les différents organismes de collecte de données :

Pour obtenir les données nécessaires à notre étude nous avons dû contacter deux organismes différents :

- ✓ SIG SEAAL
- ✓ Bureau d'étude SEAAL

Le bureau d'étude SEAAL nous a fourni toutes les données concernant les caractéristiques physiques dans notre conduite à savoir : la pression, le débit et la vitesse.

Le bureau d'étude de SEAAL travaille avec le logiciel PICCOLO. Les données fournies par ce dernier s'avèrent inexploitable car, le format fourni par Piccolo ne peut être intégré au sein du SIG, et la conception même de travail fourni par Piccolo fait que l'identifiant unique de chaque nœud est écrasé.

2- Défaillance dans la liste de données fournies :

2-1- Défaillances globales (présentes dans toutes les données fournies) :

On remarquera dans ce qui suit que presque toutes les données fournies contiennent des vides (un vide dans la liste de données que nous avons représenté une donnée manquante pour chaque tronçon de conduite)

Tableau IV-6: *Pourcentage du nombre de conduite par matériau*

MATERIAU	Nombre de conduites	Pourcentage
AC	2801	4,37%
AG	8324	12,98%
AMC	4100	6,39%
B	53	0,08%
BPAT	1846	2,88%
F	31367	48,91%
FD	6246	9,74%
FG	4429	6,91%
PEHD	4112	6,41%
PVC	565	0,88%
(vide)	283	0,44%

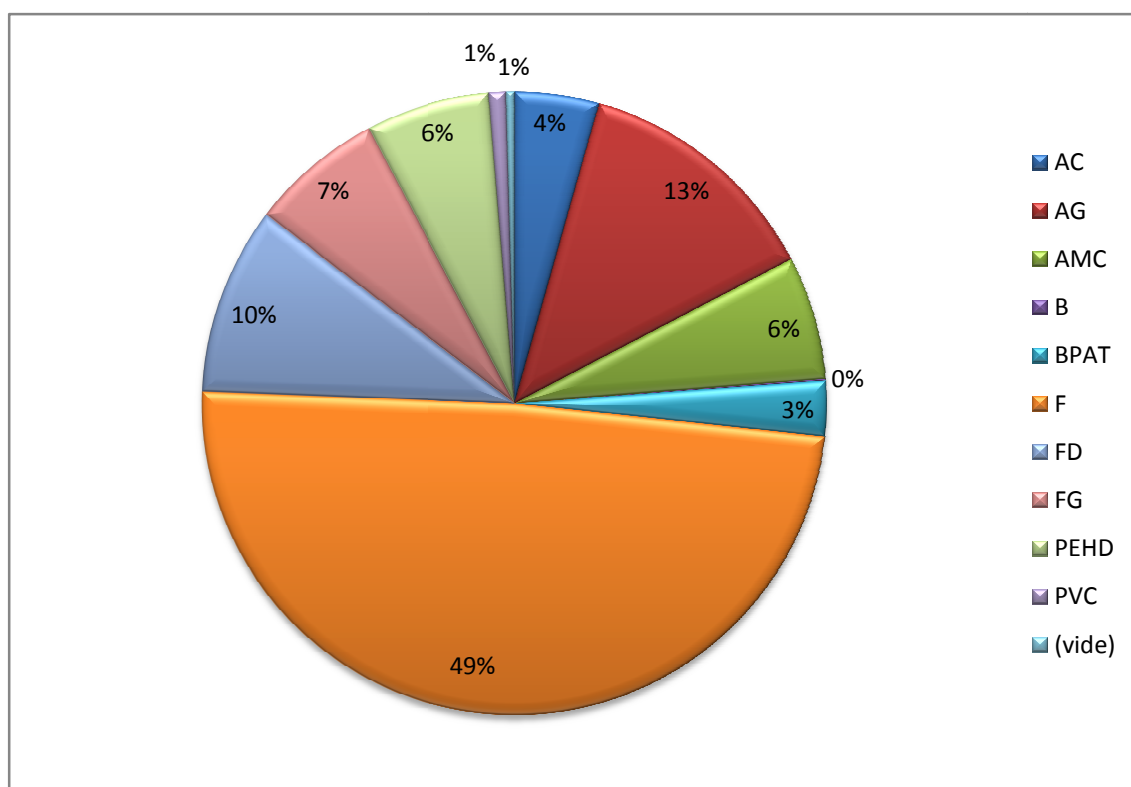


Figure IV-36 : *Secteur représentant le pourcentage du nombre de conduites par matériau*

Dans notre réseau nous avons recensé plus de 280 conduites dont le matériau est inconnu.

Tableau IV-7 : Pourcentage du type par nombre de conduites

TYPE	Nombre de conduites	pourcentage
Abandonné	127	0,20%
Adduction	1375	2,14%
Adduction/Eau de mer	97	0,15%
ARCHIVES	22	0,03%
Aspiration	30	0,05%
BY PASS	9	0,01%
Conduite de vidange	10	0,02%
Distribution	59741	93,16%
Hors service	254	0,40%
Refolement	1269	1,98%
Refolement/Eau Souterraine	1183	1,84%
(vide)	9	0,01%
Total général	64126	100,00%

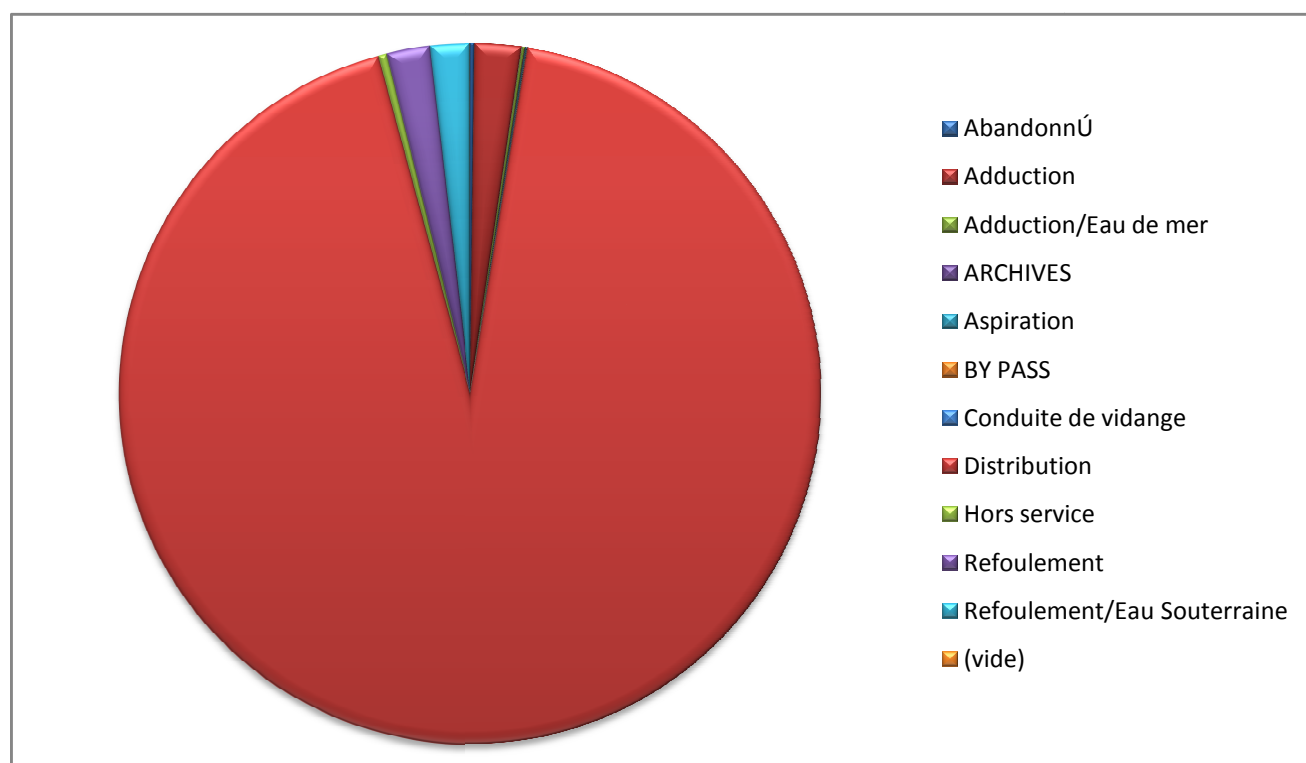


Figure IV-37 : Secteur représentant le nombre de conduites par type de fonctionnement

Nous avons recensé aussi des conduites qui sont à l'abandon et d'autres qui sont hors service, leur nombre à eux deux dépasse les 380 conduites. Ces conduites représentent des pertes sèches vue qu'elles existent et qu'elles sont alimentées en eau potable et pourtant elles ne fournissent aucun service.

On dénombre aussi 9 conduites dont l'utilité est inconnue.

Tableau IV-8 : Pourcentage du nombre de conduites par implantation

Nombre d'ID_ARC		
Implantation	Total	
Alger Centre	7462	11,64%
Alger Est	5105	7,96%
Alger Nord	4911	7,66%
Alger Ouest	8864	13,82%
Alger Sud	3796	5,92%
Birtouta	2468	3,85%
Boudouaou	58	0,09%
Cheraga	3326	5,19%
Dar el Beida	5006	7,81%
Draria	5863	9,14%
El harrach	1201	1,87%
Gue de Constantine	3964	6,18%
Maintenance adductrices	14	0,02%
Mazafran	137	0,21%
Rouiba	6626	10,33%
SAA	91	0,14%
Sidi Moussa	709	1,11%
Usines relais	6	0,01%
ZÚralda	4506	7,03%
(vide)	13	0,02%

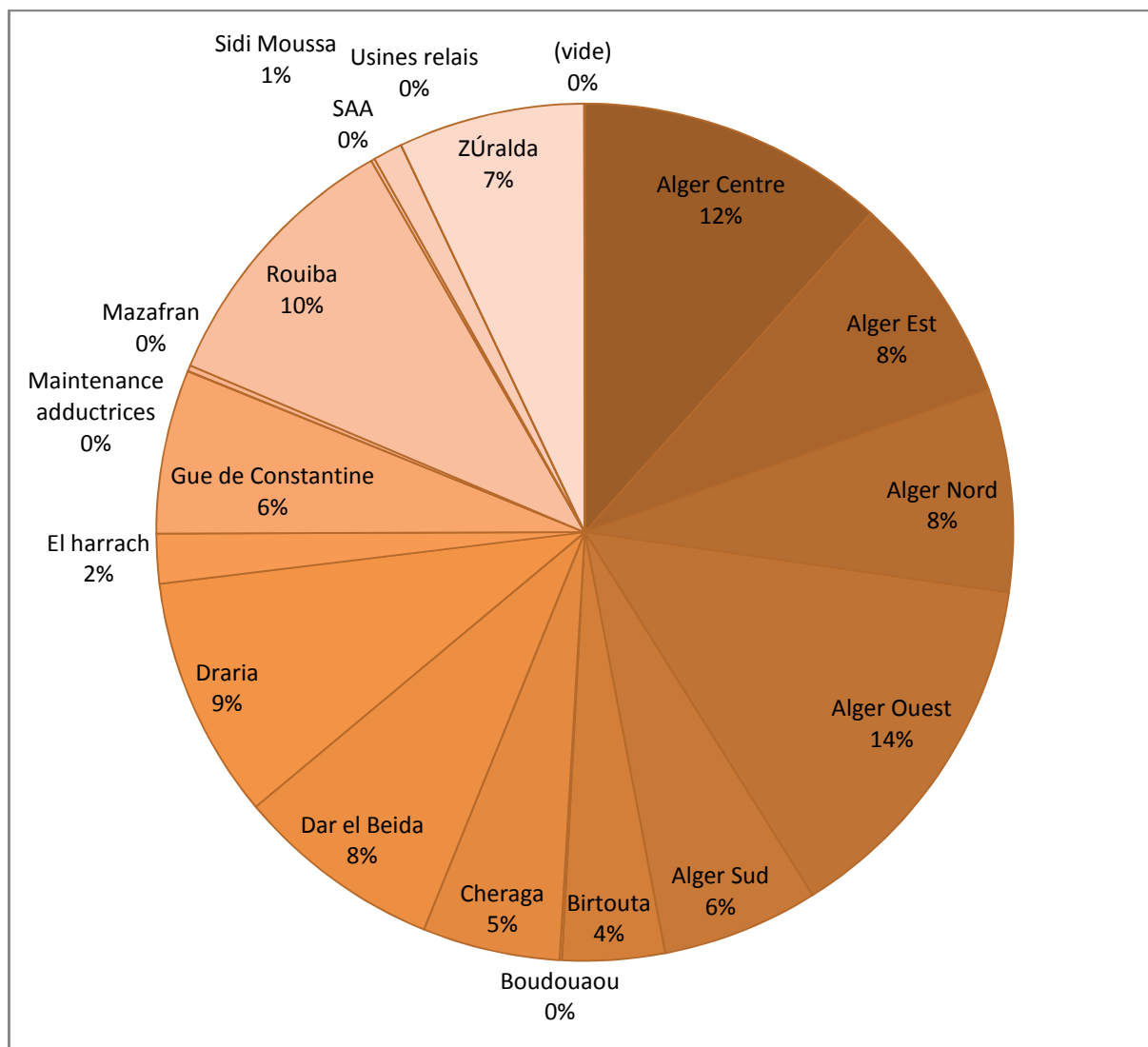


Figure IV-38 : Secteur représentant le nombre de conduites par région

2-2- Défaillances spécifiques (propre à chaque donnée) :

➤ Matériau :

Dans les deux fichiers récupérés du SIG (AEP, fuite), on a remarqué que pour un même identifiant de la conduite on retrouve deux matériaux différents. On a du rectifier cette erreur en créant une colonne « matériau_corrige » dans la quelle on met le matériau qui est prescrit dans le fichier fuite. Ce choix n'a pas été prit au hasard car, la SEAAL prend soin de rapporter à nouveau toutes les informations concernant la conduite qui fuie malgré l'existence de ces informations dans le fichier AEP, et comme ça en cas d'erreur de saisie on pourra rectifier.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

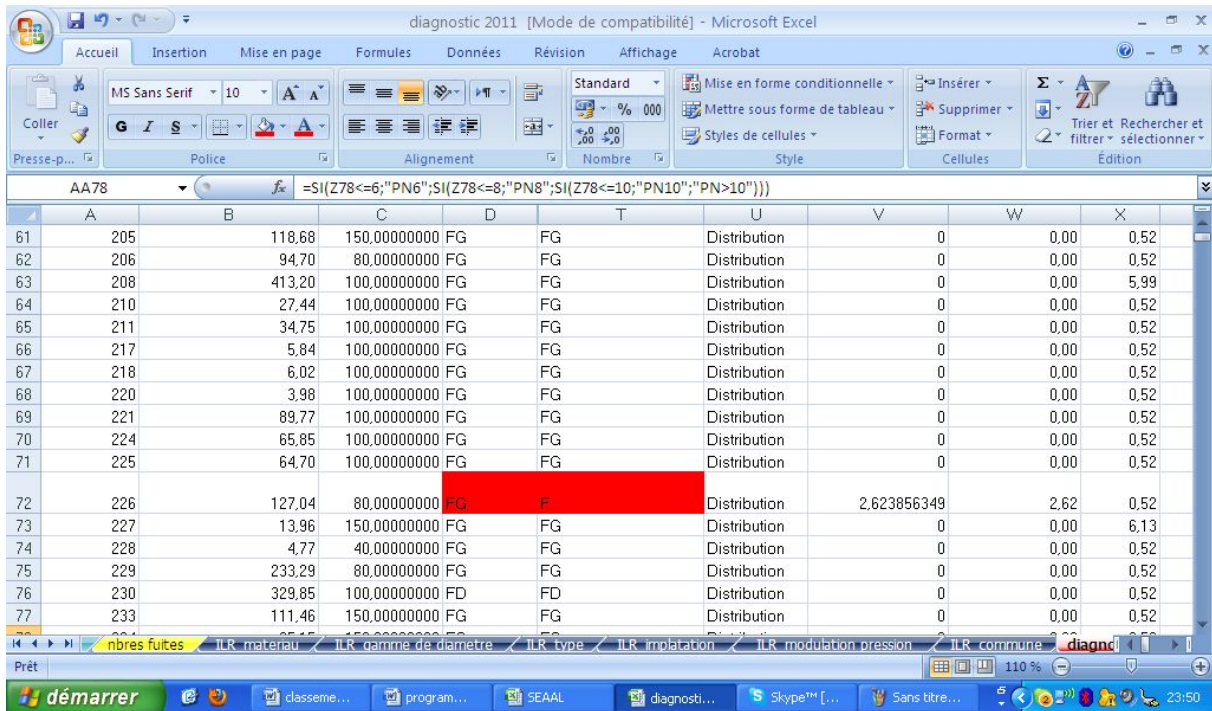


Figure IV-39 : Différence entre le matériau déclaré dans le fichier AEP et fuite

Ainsi, comme on le voit dans la figure ci-dessus la conduite qui a pour identifiant 226 est enregistrée dans le fichier AEP en tant que conduite de matériau FG et dans le fichier fuite en tant que conduite de matériau F. La correction prendra pour référence ce dernier.

➤ Diamètre :

On retrouve le même problème pour les diamètres enregistrés dans les différents fichiers comme on peut l'apercevoir dans la figure ci-dessous

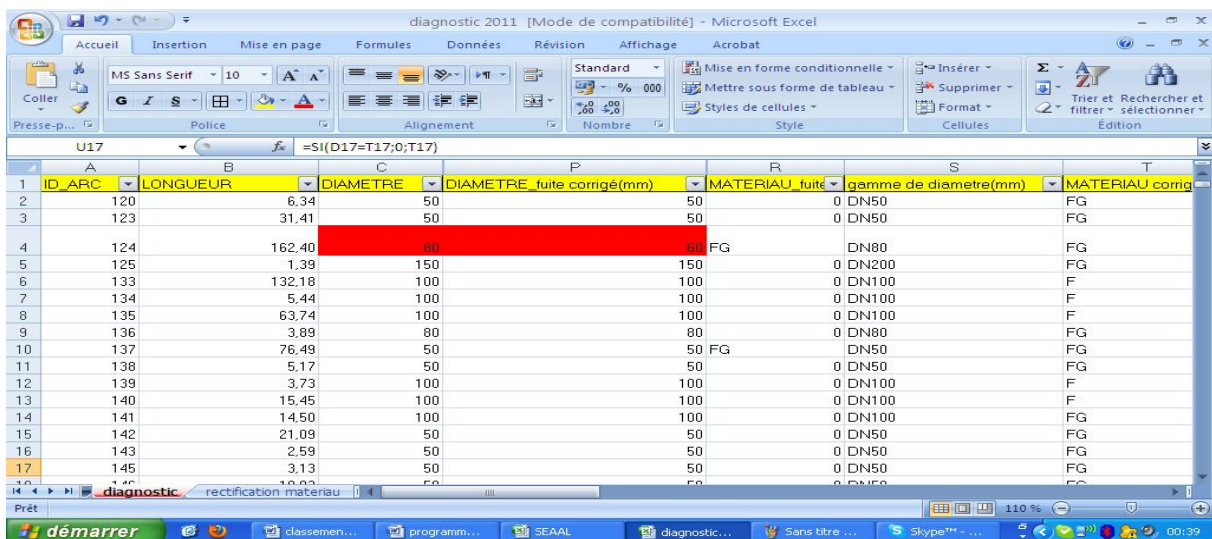


Figure IV-40 : Différence dans le diamètre entre le fichier AEP et fuite pour une même conduite

On a près de 3% de nos conduites qui ont ce problème, ce qui représente plus de 1700 conduites.

➤ Date de réparation :

Dans le fichier fuite, les données enregistrées concernant les conduites réparées ont commencé dès l'année 2007 mais l'enregistrement se faisait d'une façon aléatoire et non complète. C'est à partir de l'année 2009 que toutes les réparations effectuées ont été saisies et enregistrées au sein du SIG.

Tableau IV-9 : pourcentage du nombre de conduites réparées par année

Année	nombre des conduites	pourcentage
2007	7	0,06%
2008	939	7,53%
2009	2292	18,38%
2010	7896	63,30%
2011	1339	10,74%

Ainsi en supprimant les conduites réparées dans les années 2007, 2008 et 2011 nous avons enlevé de nos statistiques plus de 18% de nos conduites ce qui représente près de 2300 conduites.

➤ ID_ARC :

Nous avons eu à faire aussi durant notre étude à des conduites réparées dont l'identifiant du tronçon est inconnu

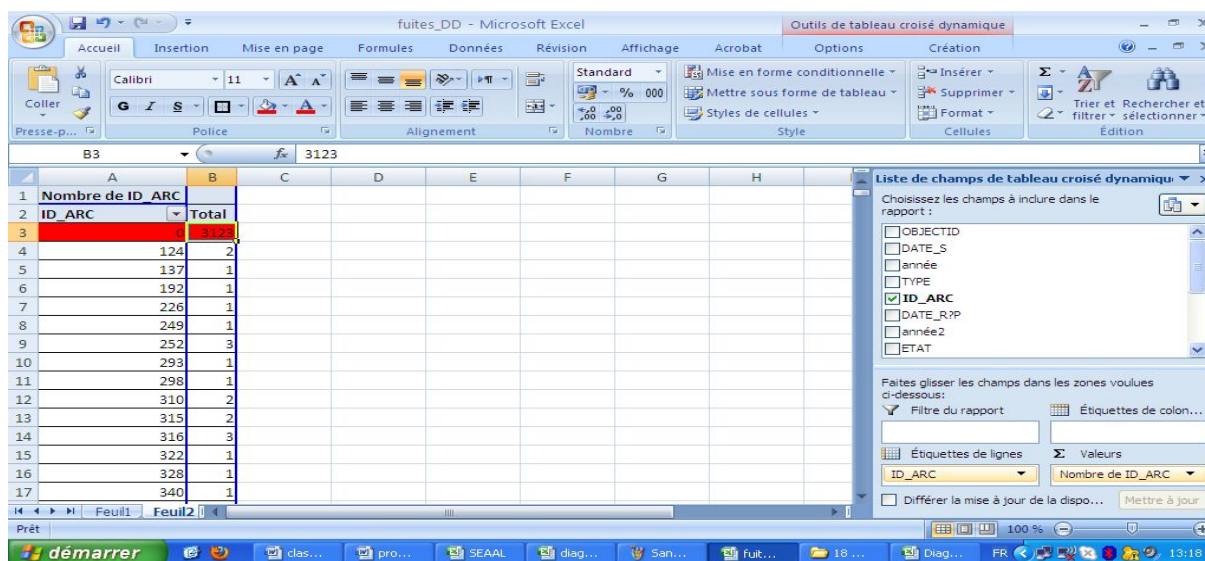
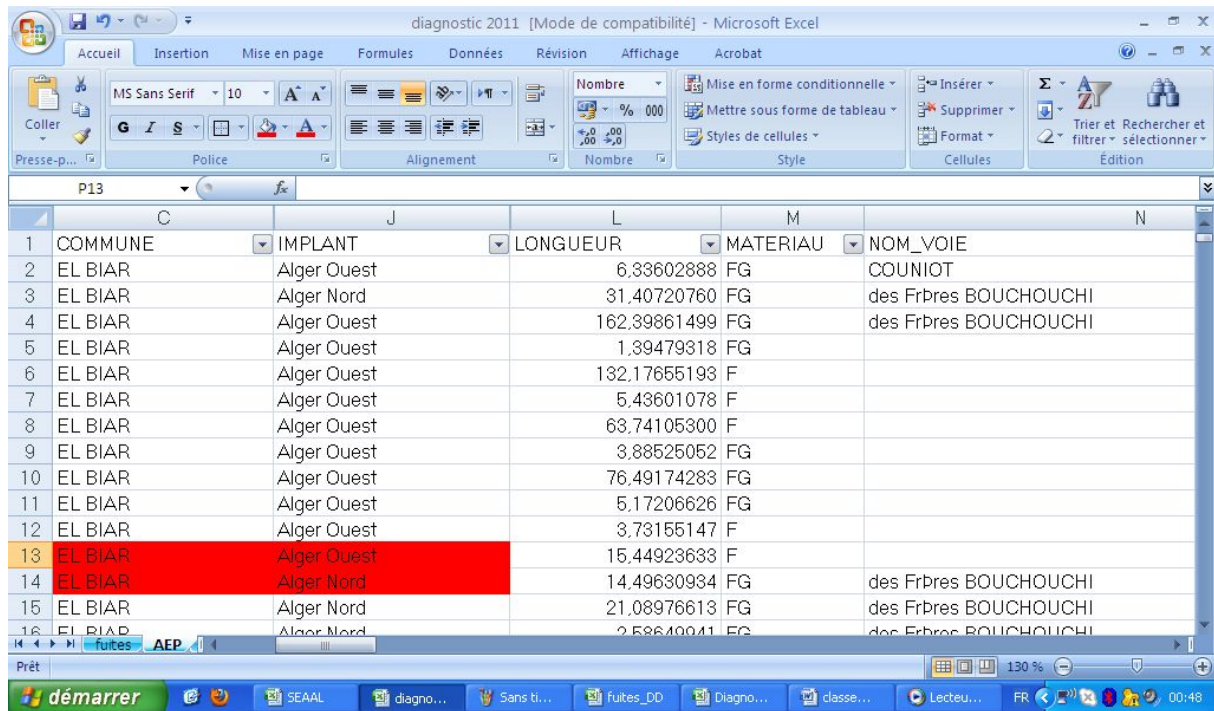


Figure IV-41 : Apparition du nombre de conduites fuyardes et réparées non identifiées

Sur nos 12473 conduites fuyardes réparées nous avons plus de 3100 conduites qui n'ont pas d'identifiant. Ce qui représente plus de 25% de données nettes perdues.

➤ Implantation :



	C	J	L	M	N
1	COMMUNE	IMPLANT	LONGUEUR	MATERIAU	NOM_VOIE
2	EL BIAR	Alger Ouest	6,33602888	FG	COUNIOT
3	EL BIAR	Alger Nord	31,40720760	FG	des FrPres BOUCHOUCI
4	EL BIAR	Alger Ouest	162,39861499	FG	des FrPres BOUCHOUCI
5	EL BIAR	Alger Ouest	1,39479318	FG	
6	EL BIAR	Alger Ouest	132,17655193	F	
7	EL BIAR	Alger Ouest	5,43601078	F	
8	EL BIAR	Alger Ouest	63,74105300	F	
9	EL BIAR	Alger Ouest	3,88525052	FG	
10	EL BIAR	Alger Ouest	76,49174283	FG	
11	EL BIAR	Alger Ouest	5,17206626	FG	
12	EL BIAR	Alger Ouest	3,73155147	F	
13	EL BIAR	Alger Ouest	15,44923633	F	
14	EL BIAR	Alger Nord	14,49630934	FG	des FrPres BOUCHOUCI
15	EL BIAR	Alger Nord	21,08976613	FG	des FrPres BOUCHOUCI
16	EL BIAR	Alger Nord	2,58640041	FG	des FrPres BOUCHOUCI

Figure IV-42 : Différence dans l'implantation entre deux mêmes communes

A toutes ces anomalies constatées dans les données disponibles s'ajoutent les données manquantes concernant d'autres critères que l'on aurait pu intégrer à notre étude à savoir l'âge, la qualité de l'eau et les joints...etc.

Ces derniers nous auraient servi pour faire un diagnostic complet qui nous aura rapprochés de la réalité.

IV.7. Diagnostic de notre réseau

Après avoir créé notre tableau de diagnostic qui nous donne toutes les informations pour chaque tronçon de conduite et déterminer les matériaux, les régions, les diamètres et le service ou l'on enregistre les plus grands taux de fuites nous avons commencé à trier nos conduites pour déterminer celles qui devront être renouvelées. Ce tri se fera à l'aide de la pondération faite plus haut.

Ainsi à partir du tableau diagnostic nous avons enlevé toutes les conduites dont l'ILR=0 et puisque nous avons seulement les recensements des conduites à partir de 2009 (date à laquelle la SEAAL a commencé à enregistrer ses conduites sur le SIG) nous avons fait un nouveau tri et nous avons supprimé les conduites qui n'avaient pas de date d'enregistrement et nous avons supprimé aussi les conduites qui ont été enregistrées durant cette année (2011) puisque le résultat ne pourra être représentatif vu qu'on est seulement au premier trimestre.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

Ainsi et pour résumer, nous avons gardé pour le reste de notre étude les conduites fuyardes réparées et enregistrées dans le SIG durant l'année 2009 et 2010.

Ainsi, après avoir filtrées et regroupées plus de 64000 conduites, nous avons trouvé plus de 7500 conduites fuyardes et après suppression des conduites qui n'adhèrent pas à nos conditions, notre échantillon sur le quel va se faire l'étude comporte près de 4000 conduites.

Nous avons enregistré ces résultats sur une nouvelle feuille Excel et nous avons diagnostiqué.

Le diagnostic passe avant tout par la table de contrôle ou, le décideur devra entrer la classe des critères sur les quels se fera les études, il doit mentionner aussi la note à attribuer à chaque critère et les prix des matériaux à utilisé.

Les critères qui peuvent prendre pour classe véto sont :

- ✓ ILR
- ✓ Matériau

Et celles qui peuvent prendre pour classe préférence :

- ✓ Diamètre
- ✓ Implantation
- ✓ Criticité
- ✓ ILR
- ✓ Matériau

Une fois ces informations fournies le programme se lance automatiquement.

Ainsi, si un critère au moins est définit comme critère de véto, la conduite correspondant à ce critère affichera directement « à renouveler »

Par exemple si on déclare que l'ILR est un critère de véto le message « à renouveler » apparaîtra pour toutes les conduites. Mais dans notre cas on a définit un seuil qui représente les objectifs que s'est fixés la SEAAL pour l'année 2012. Ce seuil est de 1 fuites/km/an, il reste toute fois variable en fonction des résultats voulus par la SEAAL. Mais, il est à préciser que pour le reste de cette étude nous avons pris l'ILR= 3 fuites/km/an

Au même titre si on déclare le matériau comme critère de véto le message « à renouveler » apparaîtra pour tous les tronçons de conduite. Mais si on voudra changer seulement les conduites qui touchent à la qualité de l'eau, ou seulement celle qui fuitent le plus il suffira de déclarer ces derniers.

Dans notre cas, on a pris l'ILR comme seul critère de véto les quatre autres ont été pris comme critères de préférence.

La notation s'est faite en fonction de ces 5 critères, ainsi d'après les statistiques réalisées les critères qui ont le plus grand taux de fuites auront les notes maximales suivantes:

L'ILR = 50 points ;

Matériau = 20 points ;

Diamètre = 10 points

Criticité = 10 points

Implantation = 10 points

Pour les autres la notation se fera selon l'importance

On notera qu'on a bien respecté que la somme de la notation de tous les critères =100 points.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

Une fois ces paramètres entrés dans la table de commande le programme exécute les instructions suivantes :

Toutes conduites ayant un ILR ≥ 3 sera déclaré comme conduite « a renouvelé » et auront une note selon leur importance, cette note variera de 10 à 50 points pour les autres le message « bien » sera affiché.

ID_	LONG	implan	nombre de fuite	ILR(fuite/km	A	Note	DIAMETRE	Note	MATER	Note	note	note	note	note	note
ARC	UEUR	tation	par	/an)	renouveler	ILR	(mm)	diametre	IAU	materiau	implantation	criticite	l'etat de conduite	globale	
124	162,40	Alger Ou	1	2,05	non	10,00	60	9,5	FG	3,5	3	2	bien	bien	
137	76,49	Alger Ou	1	4,36	oui	24,00	50	10	FG	3,5	3	0	a renouveler	40,5	
226	127,04	Alger Ou	1	2,62	non	10,00	80	9,5	F	3	3	2	bien	bien	
249	207,72	Alger Ou	1	1,60	non	10,00	300	1,5	FG	3,5	3	8	bien	bien	
252	90,99	Alger Ou	2	7,33	oui	36,00	50	10	F	3	3	0	a renouveler	52	
298	100,28	Alger Ou	1	3,32	oui	24,00	100	4	FD	1	3	4	a renouveler	36	
310	248,46	Alger Ou	1	1,34	non	10,00	60	9,5	FG	3,5	3	2	bien	bien	
315	125,72	Alger Ou	2	5,30	oui	24,00	50	10	FG	3,5	3	0	a renouveler	40,5	
316	274,37	Alger Ou	2	2,43	non	10,00	50	10	FG	3,5	3	0	bien	bien	
322	78,66	Alger Ou	1	4,24	oui	24,00	100	4	FG	3,5	3	4	a renouveler	38,5	
328	57,71	Alger Ou	1	5,78	oui	24,00	100	4	FG	3,5	3	4	a renouveler	38,5	
340	227,52	Alger Ou	1	1,47	non	10,00	60	9,5	FG	3,5	3	2	bien	bien	
346	74,83	Alger Ou	1	4,45	oui	24,00	50	10	FG	3,5	3	0	a renouveler	40,5	
372	34,99	Alger Ou	1	9,53	oui	45,00	80	9,5	FG	3,5	3	2	a renouveler	63	

Figure IV-43 : Apparition des conduites à renouveler

En intégrant les résultats dans le SIG nous obtenons la carte suivante :



Figure IV-44 : Carte représentant une partie des conduites à renouveler dans le réseau d'Alger

Par la suite, le programme exécute la priorité de renouvellement des conduites à renouveler, pour cela il fait la somme des points des critères déclarés comme critère de préférence avec la note de l'ILR (Figure IV-43 « note générale »). Cette démarche représente l'agrégation, on peut la définir de la manière suivante :

$$\text{Note globale} = \sum_i^i \text{note du critère } i$$

Le programme fait un tri de la note la plus élevée à la note la moins élevée. La conduite qui aura la plus grande note sera considérée comme conduite prioritaire au renouvellement et ainsi de suite.

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

ID_AI	LONG UEU	implan tatio	nombre de fuite par condui	ILR(fuite/ km/an)	A renouvele	Note ILR	DIAMETR E (mm)	Note diamet	MATER IAU	Note materi	note implant ation	note criticit	l'etat de conduite	note globale
3	320594	45,14	Zúralda	2	14,77	oui	50,00	63	9,5 PVC	20	10	2 a renouveler	91,5	
6	320187	24,81	Zúralda	1	13,44	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
7	320591	89,96	Zúralda	4	14,82	oui	50,00	50	10 PVC	20	10	0 a renouveler	90	
9	320640	347,36	Zúralda	15	14,39	oui	50,00	75	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
11	321091	73,93	Zúralda	3	13,53	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
12	321202	24,09	Zúralda	1	13,83	oui	50,00	50	10 PVC	20	10	0 a renouveler	90	
14	321245	125,17	Zúralda	5	13,32	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
15	321248	152,14	Zúralda	6	13,15	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
16	321251	269,78	Zúralda	12	14,83	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
18	323336	48,22	Zúralda	2	13,83	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
19	941045	157,45	Zúralda	6	12,70	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
20	960200	77,82	Zúralda	3	12,85	oui	50,00	63	9,5 PEHD	18,5	10	2 a renouveler	90	
21	907407	26,22	Zúralda	1	12,72	oui	50,00	50	10 PEHD	18,5	10	0 a renouveler	88,5	

Figure IV-45 : Classement des conduites par priorité de renouvellement selon la notation des critères

Ce résultat est visible aussi sur la carte du SIG, ainsi dans la figure ci-dessous les priorités de renouvellement sont définies par des couleurs comme suit

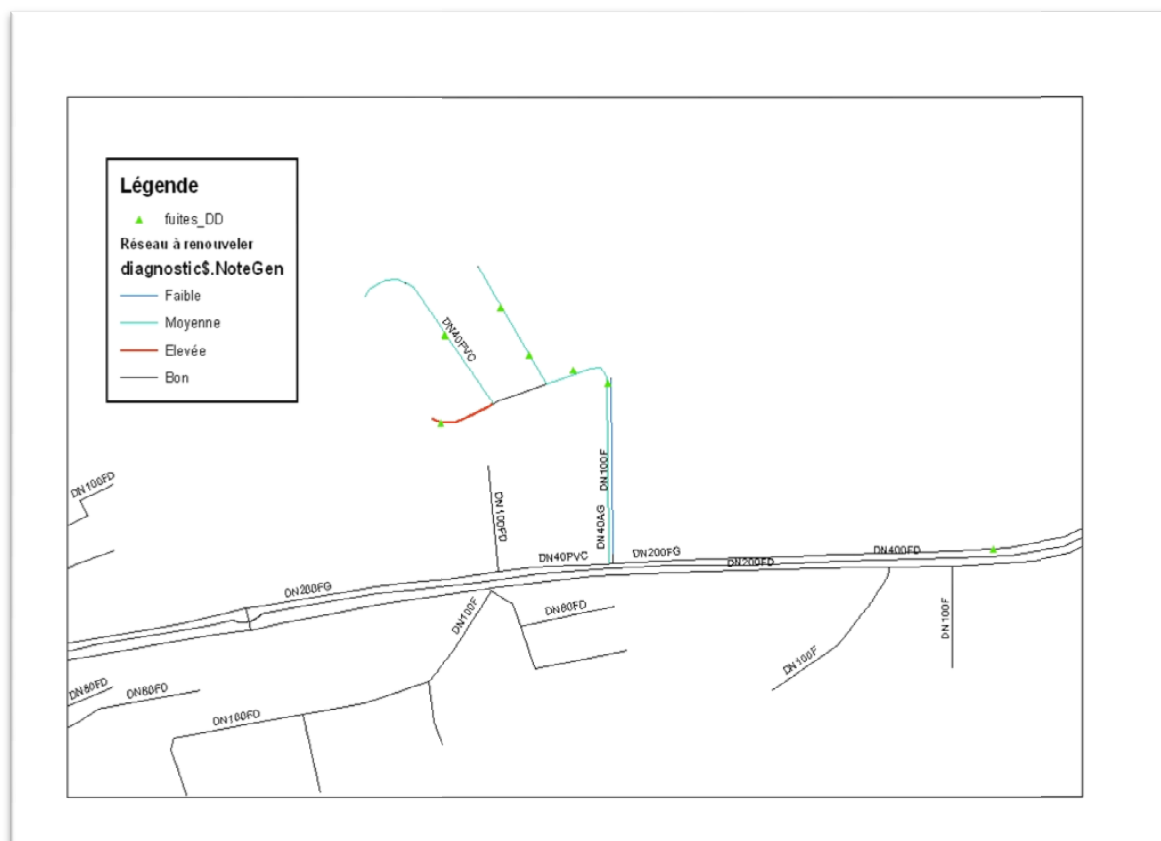


Figure IV-46 : Carte représentant les conduites prioritaires au renouvellement

Chapitre IV Analyse multicritères, pondération et agrégation

L'étude nous a donc mené à dire que la conduite qui a pour identifiant 320594 est prioritaire au renouvellement par rapport aux autres conduites. Ce classement représente en quelques sortes un niveau d'urgence ou la conduite classée en 1^{ère} ligne doit être changée immédiatement.

Ce niveau d'urgence apparaît aussi en affichant les cartes SIG, comme le montre la figure ci-dessous

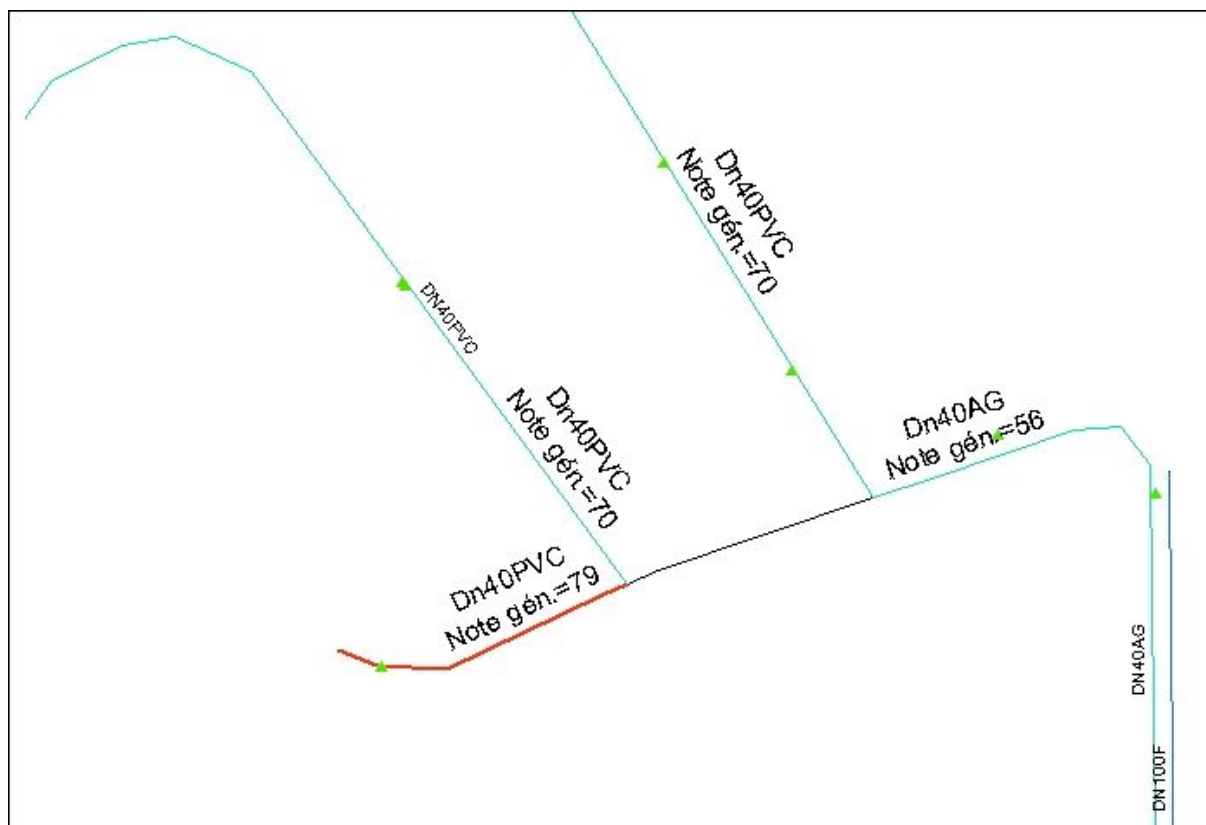


Figure IV-47 : Carte mentionnant la note globale de quelques conduites définissant ainsi le niveau d'urgence

La note et la couleur qui s'affichent sur chaque tronçon de conduite représentent aux mieux les niveaux d'urgence.

Après cela nous avons effectué une étude financière. Cette dernière nous permettra de savoir selon le budget alloué au renouvellement, le nombre de conduites qui seront renouvelés.

IV.6.Conclusion

Les cinq (5) critères retenus pour notre étude ne peuvent être représentatifs pour un réseau aussi complexe que celui de la wilaya d'Alger. Il est bon de mentionner que dans notre travail nous avons utilisé uniquement les données de deux (02) années de collecte. Par conséquent les résultats obtenus ne peuvent pas faire l'objet d'une décision de renouvellement à long terme. Toute fois, vu que la SEAAL fourni des efforts particuliers pour mettre à disposition des données de qualité, en développant en permanence son SIG et en ouvrant des laboratoires d'étude de la qualité de l'eau et de la corrosion, il est légitime d'être optimiste pour l'obtention de résultats fiables dans un futur plus ou moins proche.

Mais dès à présent, cet outil peut être utilisé car il prend en compte les meilleures données et informations fournies depuis l'arrivée de la SEAAL.

Chapitre V : Automatisation du programme de renouvellement**V.1. Introduction**

Pour répondre à des problèmes de gestion quotidienne et de planification, qu'il soit à court ou long terme, les gestionnaires ont besoin de s'appuyer sur des modèles et des outils d'aide à la décision. Ces outils doivent permettre aux gestionnaires de développer leurs propres stratégies d'exploitation et d'aide à la décision, d'établir les budgets et les programmes de réinvestissement. C'est pour cela que ces outils doivent être les plus génériques et/ou universels que possibles. C'est-à-dire qu'ils doivent contenir l'ensemble des paramètres pour pouvoir simuler un résultat qui se rapproche au maximum de la réalité.

V.2. Réalisation d'un programme informatique via le tableur Excel

Le programme réalisé plus haut n'a pris en compte que seulement cinq (05) critères, cela reste très insuffisant pour prétendre pouvoir l'utiliser dans n'importe quel réseau.

Pour adapter notre programme à un plus grand nombre de réseau, on a dû intégrer des critères qui sont souvent la cause principale du renouvellement des conduites à savoir :

- ✓ La pression
- ✓ Le schéma directeur
- ✓ Age
- ✓ La qualité de l'eau

Le programme contient les trois feuilles Excel suivantes :

- ✓ Note générale
 - ✓ Les prix
 - ✓ Classement
- La première feuille est une sorte de table de contrôle que le décideur doit consulter pour mettre en œuvre ses choix et ses objectifs.

Voici un exemple de choix préalablement définis :

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a table titled "notation des criteres". The table has five columns: "criter", "la classe", "la note", "code", and "somme des notes". The rows list various criteria and their corresponding values.

criter	la classe	la note	code	somme des notes
ILR	veto	50	I	100
diametre	preference	10	D	
materiau	preference	20	M	
implantation	preference	10	T	
criticite	preference	10	C	
schema directeur	indifference	0	S	
pression	indifference	0	P	
age	indifference	0	A	
qualite de l'eau	indifference	0	Q	

Figure V-1 : Table de contrôle

Le tableau ci-dessus représente le résumé des choix que peut prendre un décideur.

Toute fois, pour arriver à observer ce tableau, le décideur doit passer par les tableaux de chaque critère un par un et choisir les classes, les notes et éventuellement les seuils de ces derniers.

V.2.1 .Tableau de l’ILR

The screenshot shows an Excel spreadsheet titled "Note ILR". The table lists parameters for the ILR (Inter-Preference Ratio) and their corresponding values. Some cells are highlighted in yellow, indicating where the decision maker should make choices.

critere	classement	
ILR	veto	
seuil de veto(fuite/km/an)		3
Note maximale		50
Gamme de ILR (fuite/km/an)	Note	
	3	10
	6	24
	9	36
	12	45
	15	50

Figure V-2 : Choix des paramètres de l’ILR

Les cases peintes en jaune représentent les cases où le décideur doit exprimer ses choix.

Ainsi en cliquant sur la classe de l'ILR le décideur verra le message « choisissez la classe du critère », il aura le choix selon l'importance de ce dernier entre la classe de : véto, préférence et indifférence.

Le décideur doit aussi déterminer le seuil sous le quel la conduite ne sera pas déclaré comme conduite « à renouveler » au cas où la classe de ce critère est véto.

Il doit aussi attribuer des notes aux gammes d'ILR définit en prenant soin d'attribuer la note maximale à la gamme d'ILR la plus grande. Cette dernière sera directement affichée dans la case B23 « note maximale »

V.2.2. Tableau de la gamme de diamètre

Dans ce tableau, le décideur aura seulement le choix entre deux classes : préférence et indifférence, cela s'explique par le fait qu'il ne peut pas prévoir pour un plan de renouvellement de changer seulement une gamme de diamètre, même s'il s'aperçoit que c'est dans cette dernière qu'on enregistre le plus grand taux de fuite.

Pour la notation il aura le choix d'affecter la note la plus grande à la gamme la plus défectueuse.

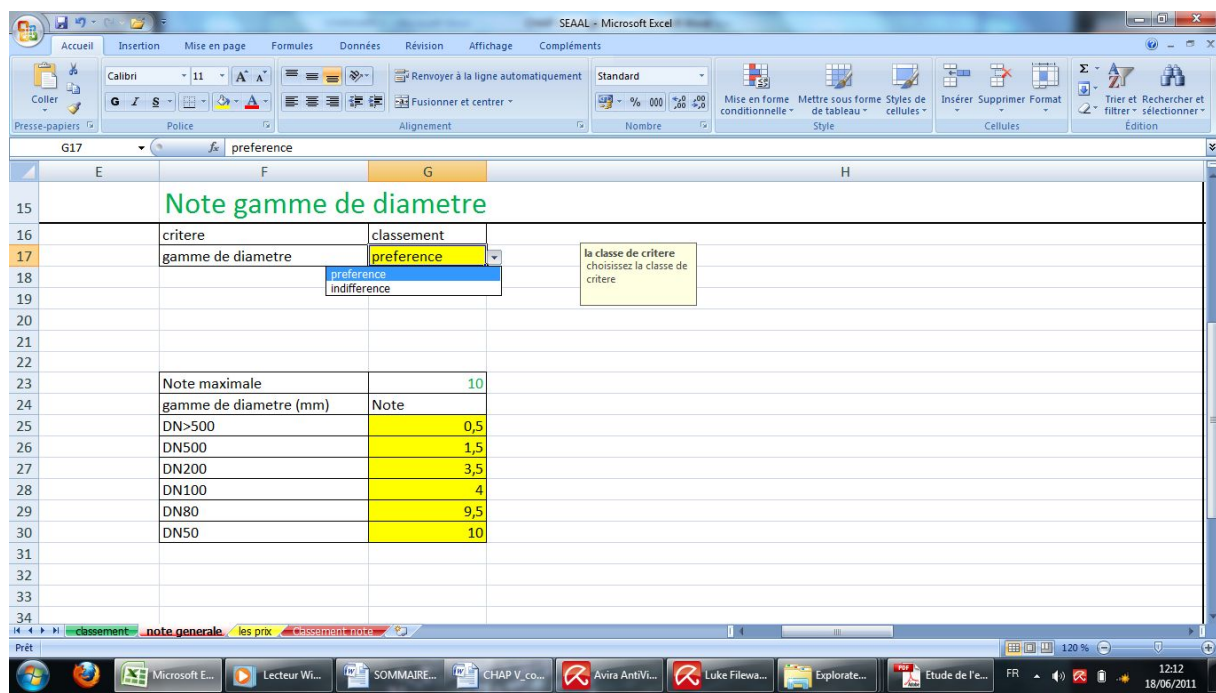


Figure V-3 : Choix des paramètres de la gamme de diamètre

V.2.3. Tableau du matériau

Dans ce tableau, le décideur aura le choix entre toutes les classes d'importance du critère, Il faudra noter que si le gestionnaire décide dans son plan de renouvellement de renouveler toutes les conduites qui ont un matériau qui affecte la qualité de l'eau, ou celui ou l'on

enregistre le plus grand taux de fuite, il suffit de déclarer le critère matériau comme critère de veto et puis choisir le matériau qu'il a décidé de renouveler dans la liste des matériaux veto.

Pour la notation cela se fait de la même manière que précédemment.

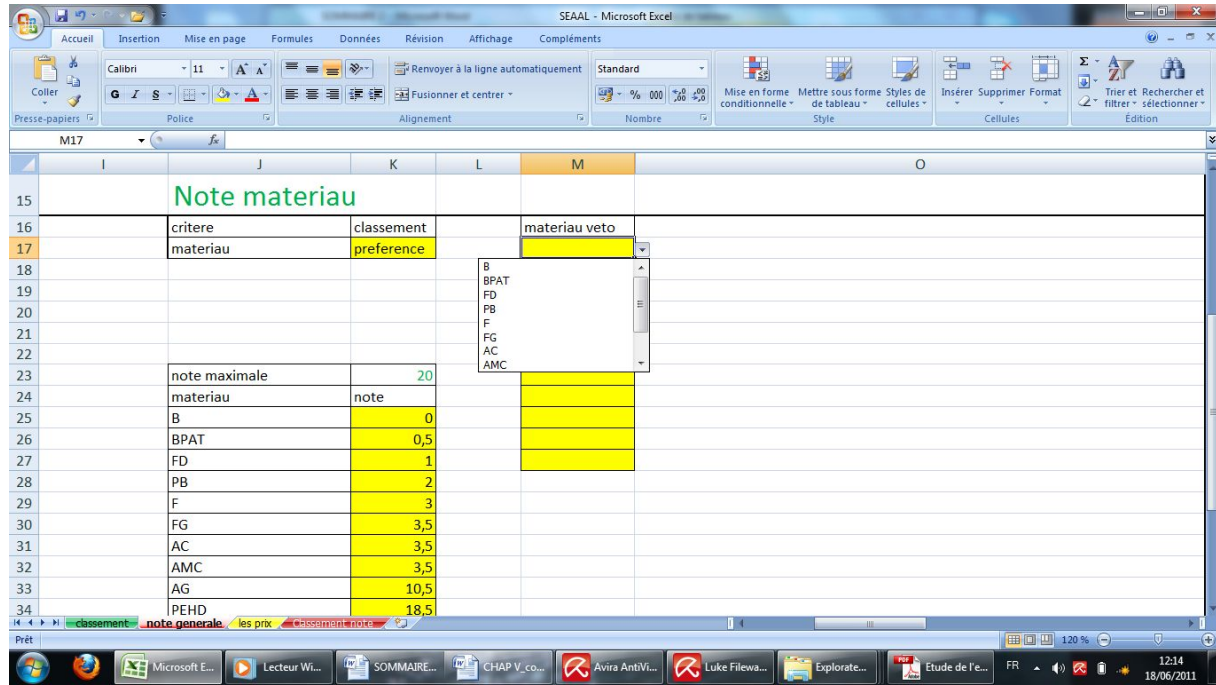


Figure V-4 : Choix des paramètres du matériau

V.2.4. Tableau de la qualité de l'eau

Pour la qualité de l'eau, le décideur aura en fonction des constatations à choisir entre les différentes classes.

Si la qualité est mauvaise, le critère devra surement être classé comme critère de veto. Et si au contraire, la qualité est bonne le critère pourra être classé comme critère de préférence ou même en critère d'indifférence.

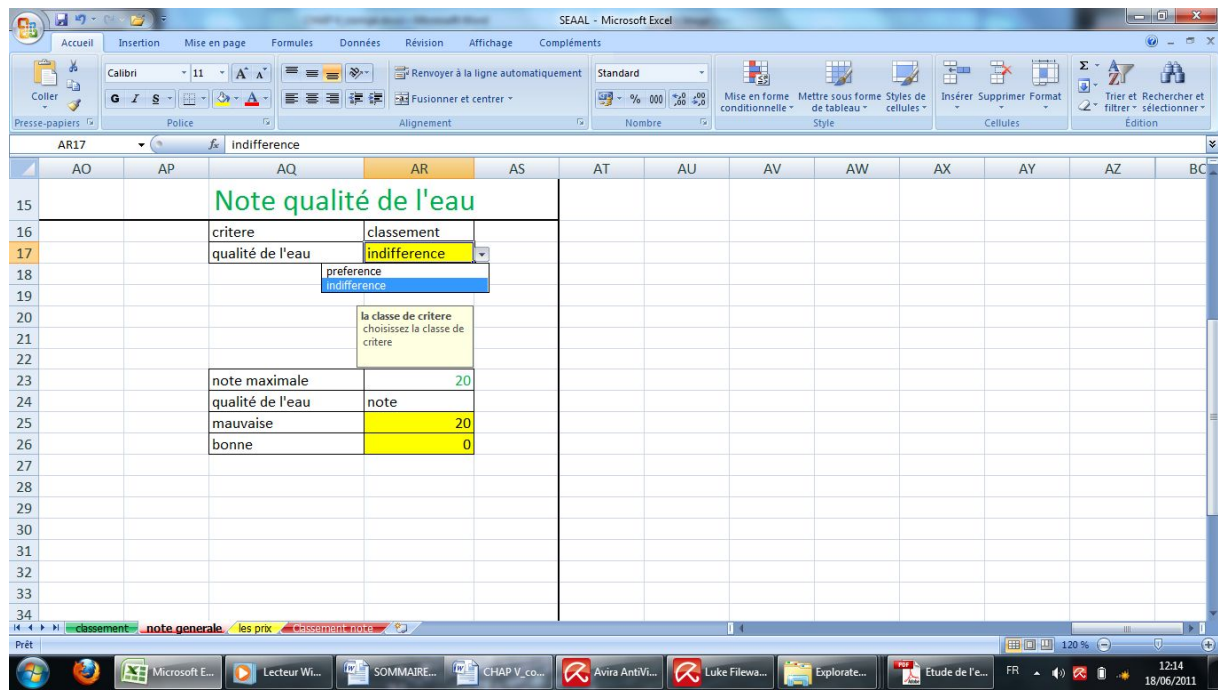


Figure V-5: *Choix des paramètres de la qualité de l'eau*

V.2.5. Tableau du schéma directeur

Le décideur aura à choisir la classe du schéma directeur en fonction que ce dernier ai été intégré préalablement dans le plan de renouvellement ou non.

Pour les autres critères, la méthode d'insertion des choix du décideur reste la même, il suffit seulement que ce dernier ai un plan précis des objectifs qu'il s'est fixés et qu'il fasse une bonne pondération.

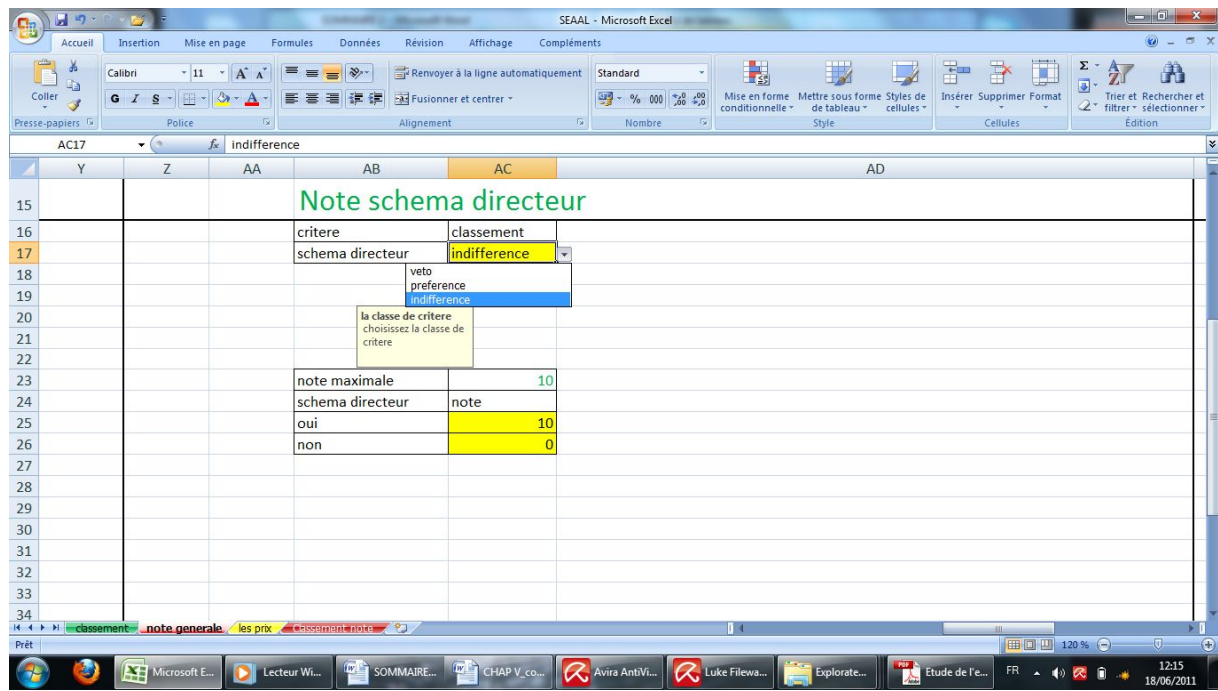


Figure V-6 : Choix des paramètres du schéma directeur

- La seconde feuille représente les prix du mètre linéaire de la conduite en fonction de son type de matériau et de son diamètre.

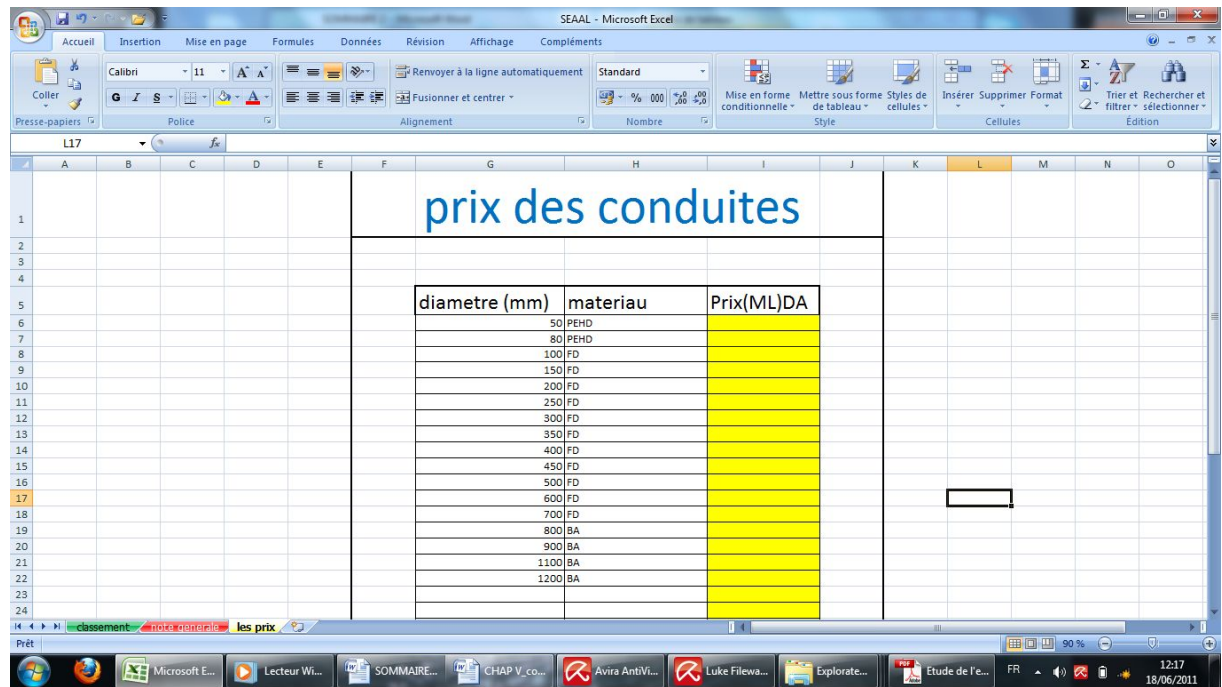


Figure V-7 : Choix des prix en fonction du matériau et du diamètre

Le décideur aura seulement à introduire les prix des conduites dont le matériau et le diamètre sont déjà connus.

- La troisième feuille est une feuille de résultat, c'est-à-dire qu'après introduction des choix voulus par le décideur dans les deux feuilles précédentes, il aura consulté cette feuille pour voir les résultats obtenus et par suite prendre une décision de renouvellement.

Pour chaque critère on a défini 3 colonnes principales :

- ✓ La colonne 1 : c'est la colonne où pour chaque tronçon de conduite on définit la valeur du critère.
- ✓ La colonne 2 : Dans celle-ci en fonction du choix pris dans la feuille « note générale » on pourra lire le message « oui » ou « non » relatif au renouvellement.

Si dans la feuille « note générale » on attribue la classe veto un critère le message « oui » relatif au renouvellement apparaît.

- ✓ La colonne 3 : Dans cette dernière en fonction des notes attribuées pour chaque gamme de critère dans la feuille « note générale », la note apparaît.

V.3. Exemple

Dans ce qui suit, nous allons illustrer un petit exemple explicatif.

Supposons que le décideur choisisse pour l'ILR les paramètres suivants :

	A	B	C
15	Note ILR		
16	critere	classement	
17	ILR	veto	
18			
19	seuil de veto(fuite/km/an)	3	
20			
21			
22			
23	Note maximale	50	
24	Gamme de ILR (fuite/km/an)	Note	
25	3	10	
26	6	24	
27	9	36	
28	12	45	
29	15	50	
30			
31			

Figure V-8 : Choix des paramètres de l'ILR pour l'exemple explicatif

On voit bien qu'il a choisit de mettre l'ILR comme classe de veto, le seuil de veto étant 3, et les notes attribuées a chaque gamme d'ILR dépendent de l'importance de ce dernier.

Le décideur choisit aussi pour le diamètre, le matériau, et l'implantation les paramètres suivants :

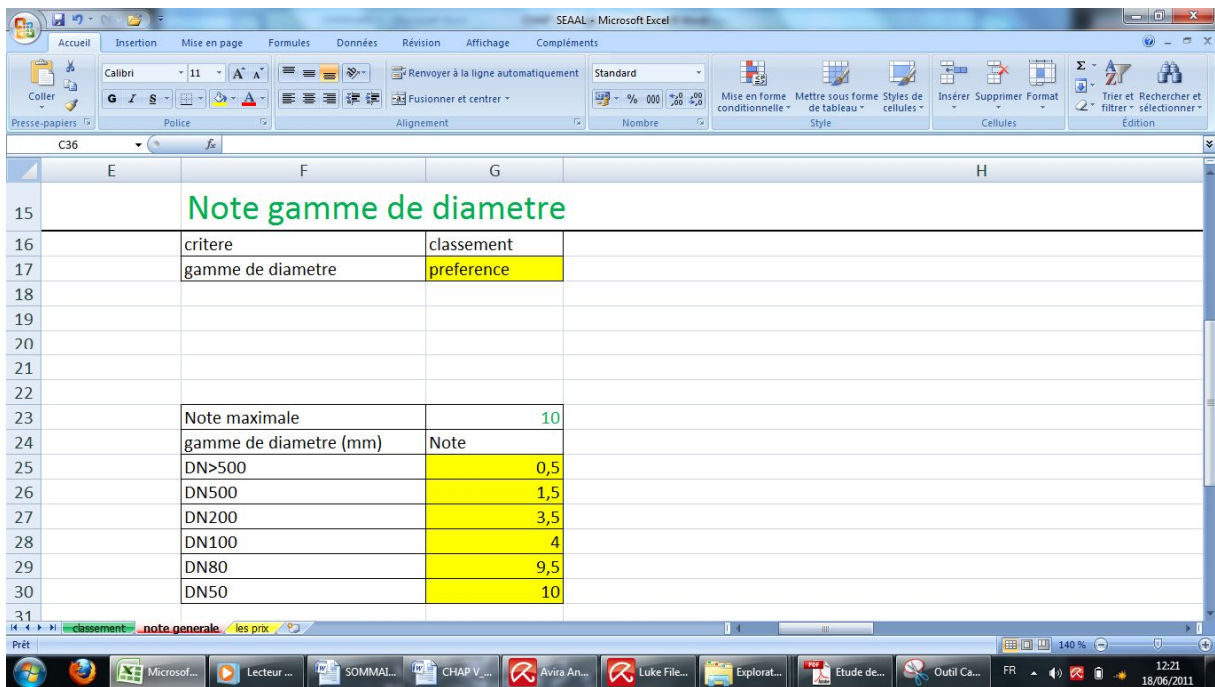


Figure V-9 : Choix des paramètres de la gamme de diamètre pour l'exemple explicatif

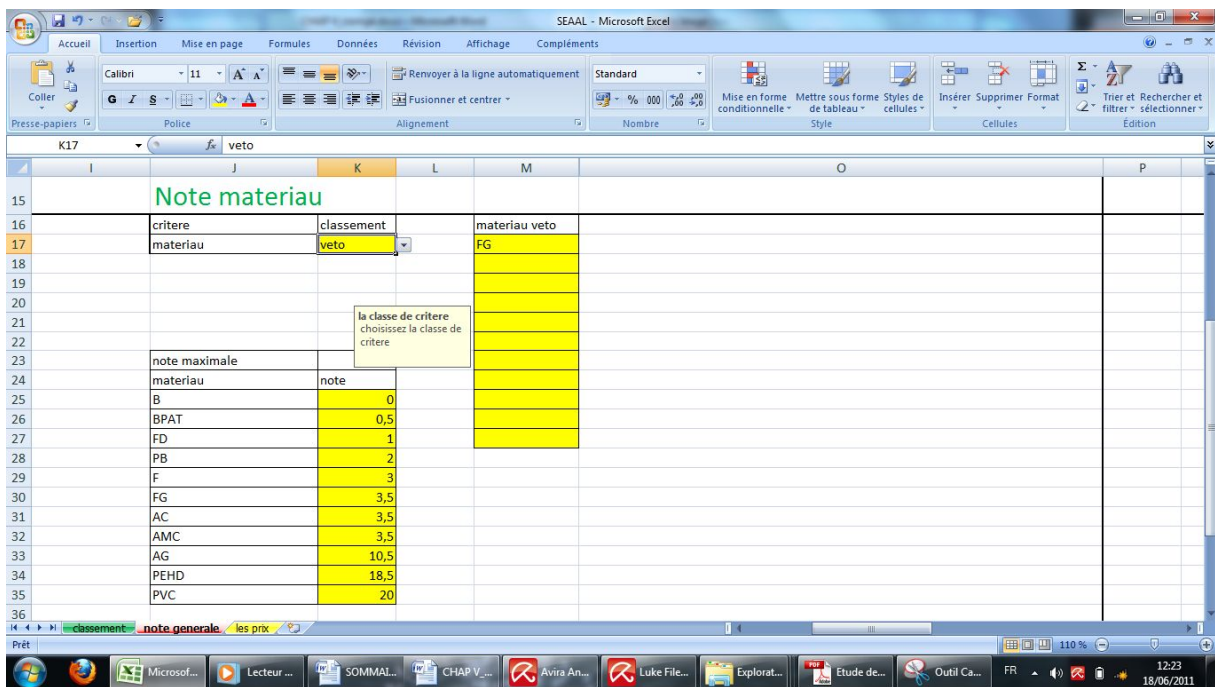


Figure V-10 : Choix des paramètres du matériau pour l'exemple explicatif

Note implantation	
critere	classement
implatation	indifference
note maximale	10
implatation	note
Usines relais	0
SAA	0
Maintenance adduct	0
Mazafran	0
Boudouaou	0
El harrach	0,5
Alger Est	1
Dar el Beida	2,5
Sidi Moussa	3
Alger Centre	3
Alger Ouest	3
Draria	3,5
Alger Sud	4
Birtouta	4
Gue de Constantine	4
Alger Nord	4
Rouiba	4,5
Cheraga	6
ZÚraida	10

Figure V-11 : Choix des paramètres de l'implantation pour l'exemple explicatif

Tous les autres critères seront classés comme critères d'indifférence, par suite ils auront une note de 0.

Le décideur peut vérifier qu'il ne s'est pas trompé lors de la saisie en regardant dans le tableau résumé plus haut dans la même feuille « note générale » :

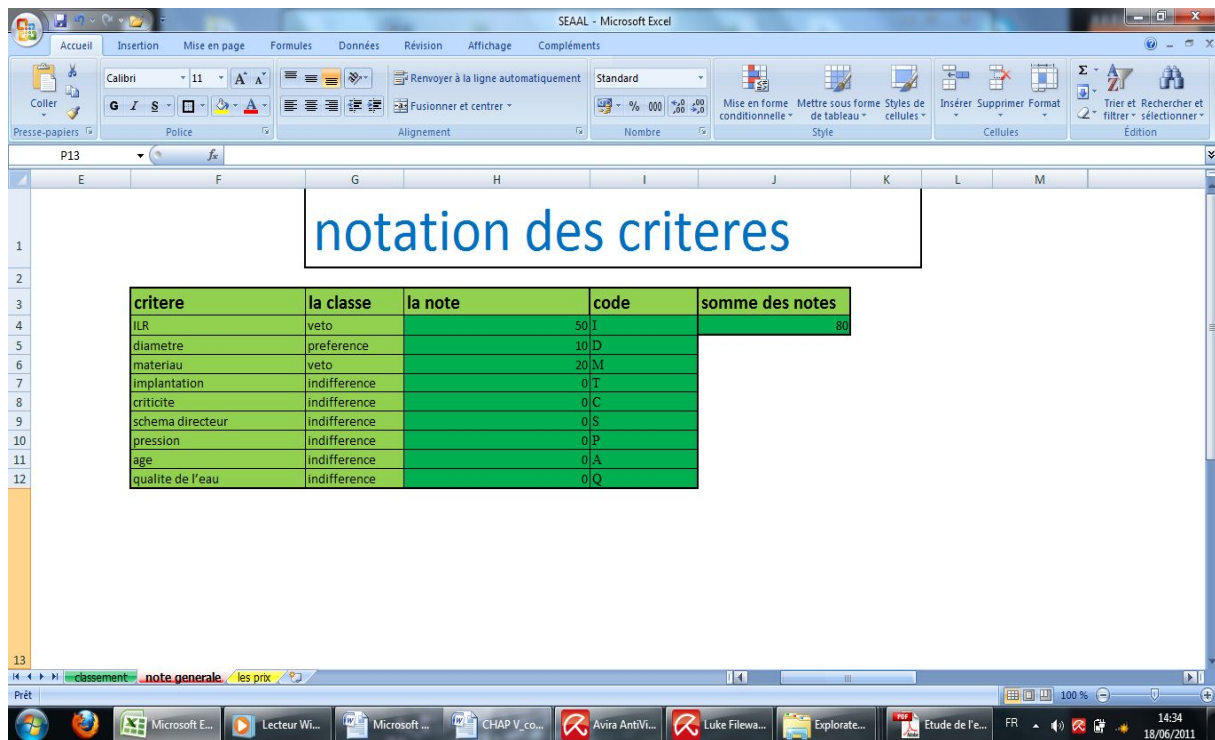


Figure V-12 : Récapitulatif du choix des différents paramètres émis pour l'exemple explicatif

Dans la feuille « classement » les résultats suivants apparaitront :

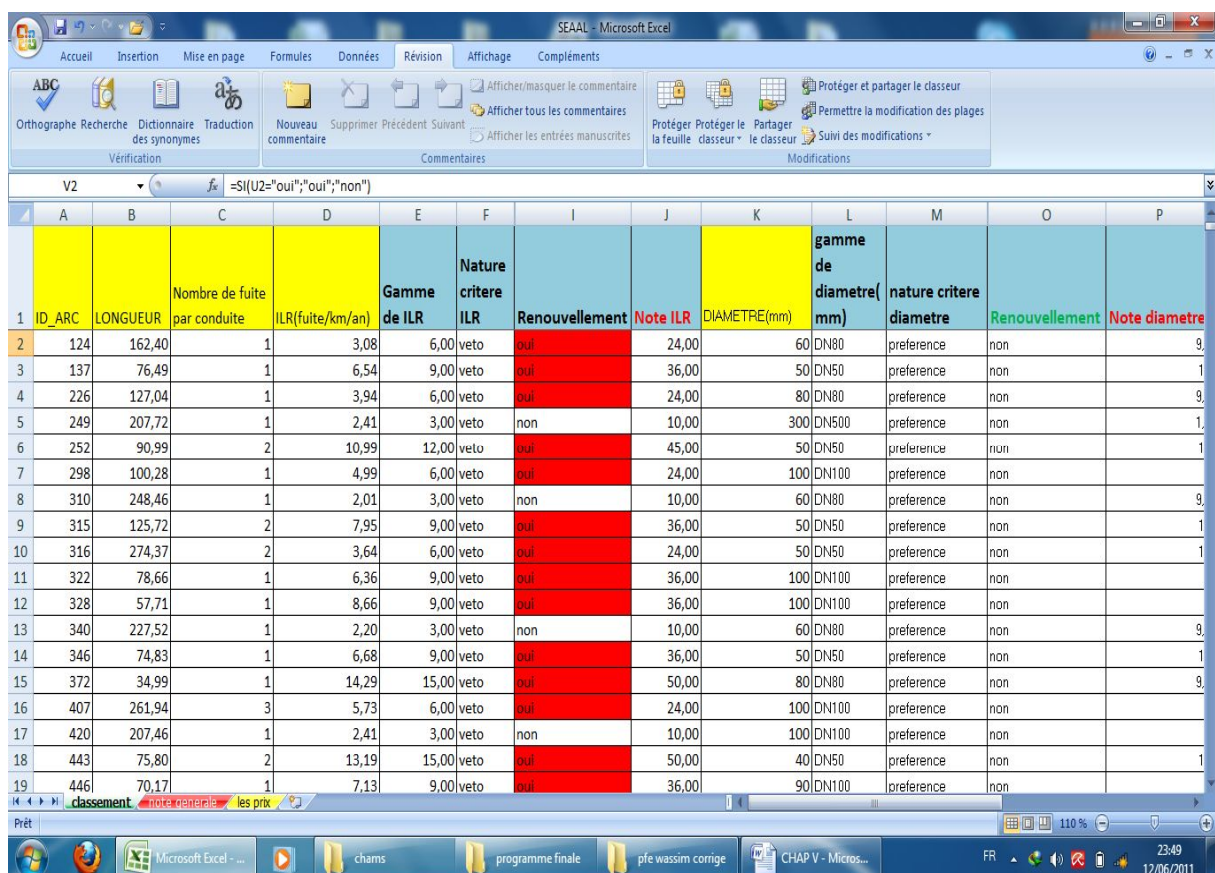


Figure V-13 : Résultats obtenus pour l'exemple explicatif

Ces résultats peuvent être interprétés de la manière suivante :

L'ILR a été déclaré comme critère de veto au dessus du seuil de 3 fuites/km/an. Toute conduite ayant un $ILR \leq \text{seuil}$ verra le message « non » relatif au renouvellement apparaitre. Pour le reste le message « oui » apparaitra.

Les notes ont été attribuées selon le choix du décideur dans le tableau vu plus haut.

La note seulement de critère de préférence aura un poids parce qu'elle servira dans l'agrégation finale pour le classement de nos conduites.

Pour le matériau le décideur a émis le choix de changer seulement les conduites de matériau FG (fonte grise). On remarque bien que le programme affiche le message « oui » relatif au renouvellement seulement pour ce matériau.

La notation de ce critère se fait automatiquement en fonction de ce que le décideur a déclaré dans la feuille « note générale »

Pour l'implantation le décideur a déclaré ce critère comme critère d'indifférence, cela veut dire que ce critère n'aura aucun poids quant au renouvellement de nos conduites, et sa note sera de 0.

Tous les autres critères étant déclarés comme critère d'indifférence n'auront aussi aucun poids dans le classement du renouvellement de nos conduites.

ID_ARC	LONGUEUR (m)	ILR(fuite/km/a)	Renouvellement	Note ILR	DIAMETRE(mm)	Renouvellement	Note diametre	MATERIAU	Renouvellement	Note materiau	Implantation	Renouvellemen	Note implantation	L'etat de conduite	Note globale
124	162,40	3,08	oui	24,00	60	non	9,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	37,1
137	76,49	6,54	oui	36,00	50	non	10	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	49,5
226	127,04	3,94	oui	24,00	80	non	9,5	F	non	3	Alger Ouest	non	0	a renouveler	36,5
249	207,72	2,41	non	10,00	300	non	1,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	15
252	90,99	10,99	oui	45,00	50	non	10	F	non	3	Alger Ouest	non	0	a renouveler	58
298	100,28	4,99	oui	24,00	100	non	4	FD	non	1	Alger Ouest	non	0	a renouveler	29
310	248,46	2,01	non	10,00	60	non	9,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	23
315	125,72	7,95	oui	36,00	50	non	10	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	49,5
316	274,37	3,64	oui	24,00	50	non	10	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	37,5
322	78,66	6,36	oui	36,00	100	non	4	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	43,5
328	57,71	8,66	oui	36,00	100	non	4	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	43,5
340	227,52	2,20	non	10,00	60	non	9,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	23
346	74,83	6,68	oui	36,00	50	non	10	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	49,5
372	34,99	14,29	oui	50,00	80	non	9,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	63
407	261,94	5,73	oui	24,00	100	non	4	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	31,5
420	207,46	2,41	non	10,00	100	non	4	F	non	3	Alger Ouest	non	0	bien	bien
443	75,80	13,19	oui	50,00	40	non	10	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	63,5
446	70,17	7,13	oui	36,00	90	non	4	AG	non	10,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	50,5
454	69,24	7,22	oui	36,00	100	non	4	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	43,5
503	216,99	4,61	oui	24,00	60	non	9,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	37
510	82,70	6,05	oui	36,00	250	non	1,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	41
523	169,67	5,89	oui	24,00	80	non	9,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	37
594	312,43	1,60	non	10,00	50	non	10	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	23,5
608	376,95	1,33	non	10,00	60	non	9,5	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	23
612	153,19	3,26	oui	24,00	50	non	10	FG	oui	3,5	Alger Ouest	non	0	a renouveler	37,5
625	835,79	0,60	non	10,00	300	non	1,5	F	non	3	Alger Ouest	non	0	bien	bien

Figure V-14: Etats des conduites de l'exemple explicatif

Dans le tableau ci-dessus on peut voir le récapitulatif de l'exemple :

On remarque que seulement un critère de véto suffit pour que la conduite soit déclarer « à renouveler », comme c'est le cas de la conduite qui a pour identifiant 249, le matériau FG étant déclaré comme matériau de véto, cela a suffit pour que cette conduite soit déclarer « à renouveler »

Et pour la conduite qui a pour identifiant 249, l'ILR n'a pas dépassé le seuil de véto, et le matériau n'est pas FG donc les 2 critères de véto déclaré ne sont pas satisfait pour cette conduite se qui fait que son état sera affiché comme « bien ».

Pour que le décideur ait le résultat classé par ordre de priorité il suffit de trier et filtrer ce tableau.

Le programme réalise aussi un code spécial pour les conduites à renouveler qui explique par ordre d'importance le choix de renouvellement des conduites.

Tableau V-1 : Codification des critères

critère	Code
ILR	I
diamètre	D
matériau	M
implantation	T
criticité	C
schéma directeur	S
pression	P
âge	A
qualité de l'eau	Q

Le code a la structure suivante : « critères de véto-critère de préférence », sachant que si le décideur choisit plusieurs codes de véto et plusieurs codes de préférences, ils seront classés par ordre d'importance selon la note attribué à chaque critère.

Cela à pu être réalisé seulement pour les cinq (5) critères vus au chapitre précédent.

Le programme exécute aussi en fonction du schéma directeur les diamètres et les matériaux à renouveler. C'est-à-dire que si le schéma directeur est déclaré comme critère de véto, les diamètres des conduites à renouveler prendront pour valeur le diamètre déclaré dans le schéma directeur et les matériaux suivront ce dernier comme déclaré dans la feuille des prix.

V.4.Conclusion

Cet outil peut être très efficace pour aider le gestionnaire à affiner ses choix, et à prendre des décisions de renouvellement que se soit à court ou bien à long terme, mais pour que le résultat soit le plus fiable possible le gestionnaire doit chercher des données de qualité, chose qui ne peut être obtenue qu'après de longues années de recherche et de mesure.

Conclusion générale

Au terme de la lecture de ce mémoire, on ne peut ignorer la richesse et les potentialités de l'aide multicritère à la décision.

Cette dernière est indispensable pour la gestion patrimoniale des réseaux d'eau potable. Elle passe par une succession d'étapes, qui est d'acquérir des connaissances sur le réseau, les clients, l'environnement et les événements qui ont lieu sur ce dernier le réseau.

L'analyse de ces données au moyen d'outils d'aide à la décision permet tout d'abord d'optimiser les pratiques opérationnelles, puis d'anticiper les renouvellements en fonction des enjeux locaux selon les connaissances in situ. Enfin, la prévision sur le long terme, est en cours de développement scientifique. Elle reste difficile à atteindre dans notre réseau étant donné la mauvaise qualité des données dont nous disposons. C'est pour cela que la SEAAL doit maintenir son effort pour développer au mieux son SIG en faisant des mises à jour régulières.

La réalisation d'un modèle d'aide à la décision a permis d'effectuer un diagnostic du réseau d'Alger et d'identifier les zones à dysfonctionnement (l'ouest d'Alger).

A partir de cet état des lieux, des aménagements et un plan de renouvellement du réseau à court terme peut être proposé. Ce qui permettra d'améliorer le service de distribution d'eau dans le grand Alger.

Le renouvellement des canalisations les plus détériorées évitera au maximum les ruptures sur ces dernières.

Par une amélioration de la gestion du fonctionnement du réseau, du patrimoine et des fuites. Il sera possible d'optimiser le service de l'eau distribuée tout en limitant les coûts.

L'outil développé peut déjà être opérationnel dans notre réseau, mais nous recommandons aux utilisateurs de ce dernier d'obtenir plus d'informations et de données concernant les critères définis, cela pourra rapprocher les résultats de la réalité.

La fiabilité de l'outil, exige une rigueur dans le travail de collecte et de la saisie des données. Surtout ceux qui s'occupent de cette tâche essentielle.

Enfin, la poursuite de ce travail dans le but de le compléter, l'améliorer et l'affiner. Et surtout le tester plus précisément. Il faut insister sur la qualité de la donnée introduite, qui pourra générer des résultats fiables. Les consommations et le patrimoine du réseau étant en constante évolution, la mise à jour de l'outil est indispensable pour que ce dernier reste exploitable pour le gestionnaire.

Références bibliographiques

AXEO, 2004, « Les techniques Spéciales développées par AXEO », note technique.

BLINDU .I, 2004, « Outil d'aide au diagnostic du réseau d'eau potable pour la ville de chisinau par analyse spatiale et temporelle des dysfonctionnements hydrauliques ». Mémoire de doctorat. Ecole Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne et de l'Université Jean Monnet.

FNDAE n°10, 2004 « Réhabilitation / remplacement des réseaux d'eau potable », Guide technique.

GODART .H « Adduction et distribution d'eau » .

Haider .H, 2006, « réhabilitation des réseaux d'eau potable : méthodologie d'analyse multicritère des patrimoines et de programmes de réhabilitation ». Mémoire de doctorat. L'institut National des sciences appliquées de Lyon

Laaribi .A, (2000), « SIG et analyse multicritères » Hermes Science Europe , 190 pages.

Manuel de l'utilisateur Excel 2007 : Webographie.

Manuel de l'utilisateur arc view : Webographie.

NAFI .A, 2006, « la programmation pluriannuelle du renouvellement des réseaux d'eau potable ». Mémoire de doctoral. Université Louis Pasteur. Strasbourg I.

OUATTARA .P, 2008, « ORGANISATION DES CHANTIERS ET COORDINATION DE TRAVAUX »

Water international knowledge transfer initiative, 2007, « Renouvellement du réseau », Document SEAAL