



DIAGNOSTIC DES CAUSES DES FUITES SUR COMPTEURS ET SUR BRANCHEMENTS : CAS DE LA VILLE DE BOBO-DIOULASSO

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU MASTER EN INGENIERIE DE
L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT**

OPTION : Infrastructures et réseaux hydrauliques

Présenté et soutenu publiquement le 17 décembre 2014 par

Tounwendsida Samuel SAGNON

Travaux dirigés par :

- M. Moussa OUEDRAOGO (Enseignant 2iE)
- M. Jean-François SANDWIDI (Chef de réseau DRB, ONEA)

Jury d'évaluation du stage :

Président : Dr. Angelbert BIOU

Membres et correcteurs : M. Moussa OUEDRAOGO
M. Mounirou LAWANI
M. Moussa FAYE

Promotion : 2012-2014

DEDICACE

A MON REGRETTE PERE

REMERCIEMENTS

Toute ma gratitude va à l'endroit du Tout-Puissant pour m'avoir donné la santé et le courage tout au long de mon cursus scolaire.

Je remercie aussi ma mère, mes frères, mes oncles, mes proches et tous mes amis pour leur soutien combien important surtout dans les moments les plus difficiles.

Ce travail ne serait point effectif sans le concours de **M. Saïdou KAFANDO**, Directeur Régional de l'ONEA à Bobo-Dioulasso à qui je réitère tous mes sentiments qui sont ceux de la reconnaissance et du respect.

Je sais aussi gré de **M. Moussa OUEDRAOGO**, mon encadreur à 2IE et de **M. Jean-François SANDWIDI**, mon encadreur à l'ONEA Bobo-Dioulasso pour leur implication, leurs conseils et les sacrifices consentis à mon égard.

Je termine par cette marque de sympathie et d'amitié en direction de tous les agents de la Direction Régionale de l'ONEA Bobo-Dioulasso pour l'accueil et le soutien qui m'ont été réservés.

A tous et à toutes que la bénédiction de Dieu soit votre partage !

RESUME

Le réseau ONEA de la ville de Bobo-Dioulasso connaît de nombreuses fuites (680 fuites par mois) sur branchement et les causes réelles de celles-ci restent indéterminées.

Cette étude portant sur l'identification des véritables causes de ces fuites a mis en évidence, comme plaque tournante de la multiplicité des fuites, les mauvaises pratiques de réparation entraînant une répétitivité des fuites réparées, contribuant à la pléthore du nombre d'instances. Si la répétitivité a été identifiée ainsi qu'une cause majeure, il existe d'autres sources non moins importantes telles que celles provoquées, celles liées à la mauvaise qualité des tubes PEHD inhérente aux mauvaises conditions de stockage (exposition aux ultra violets). Le non-respect des normes d'exécution des branchements, la qualité et l'insuffisance du matériel utilisé pour les travaux, la pression et les racines, entre autres, ont aussi été identifiés comme des causes de fuites.

Au regard de ces causes détectées, des solutions gravitant essentiellement autour de la reprise des branchements connaissant des fuites à répétition, ont été proposées. Aussi, des techniques conventionnelles de réparation des tubes en PEHD ont-elles été présentées. Ces méthodes de réparation nécessitent un outillage bien déterminé et une formation adéquate des plombiers. Sans doute, l'application des solutions proposées garantira une forte réduction des pertes d'eau et l'investissement effectué s'avérera bénéfique sur le long terme.

MOTS-CLES : Branchement, cause, fuite, répétitivité, reprise

ABSTRACT

The ONEA network of the city of Bobo-Dioulasso knows many leaks (680 leaks per month) on connection and the real causes of these remain undetermined.

This study to determine the real causes of these leaks revealed, as a hub of multiple leaks, bad practices of repairing leading to a repetition of repaired leaks, contributing to the plethora of number of instances. If the repeatability has been identified as a major cause, there are other equally important sources such as those related to the poor quality of HDPE tubes coming from the poor storage conditions (exposure to solar). Failure to comply with the Standards Performance connection, quality and lack of equipment used for the work, pressure and roots have also been identified as causes of leaks.

Given these detected causes, solutions revolving primarily around the resumption of connections experiencing leaks repeatedly, have been proposed. Conventional techniques of repairing HDPE pipes were they also presented. These repairing methods require a well-defined tools and adequate training for the plumbers. Undoubtedly, the application of the proposed solutions will ensure a sharp reduction in water loss and the investment will prove beneficial in the long term.

LISTE DES ABREVIATIONS

AEP	:	Adduction d'Eau Potable
AOF	:	Afrique Occidentale Française
BT	:	Bon de Travaux de fuites
DRB	:	Direction Régionale de Bobo-Dioulasso
EPIC	:	Etablissement Public de l'état à caractère Industriel et Commercial
ISO	:	Organisation Internationale de Normalisation
ONEA	:	Office Nationale de l'Eau et de l'Assainissement
PEHD	:	Polyéthylène Haute Densité
PVC	:	Polychlorure de Vinyle
RI	:	Robinet Inviolable
RPE	;	Réduction des Pertes d'Eau
SAFELEC	:	Société Africaine d'Electricité
SIG	:	Système d'Information Géographique
SOTICI	:	Société de Transformation Industrielle en Côte d'Ivoire
SNE	:	Société Nationale des Eaux
UV	;	Ultra Violet
VOLTELEC	:	Société Voltaïque d'Electricité

SOMMAIRE

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE II : PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE.....	2
2.1 Historique de l'ONEA et de sa direction régionale de Bobo (DRB)	2
2.2 Problématique de l'étude.....	2
2.3 Objectif général de l'étude.....	3
2.4 Objectifs spécifiques de l'étude	3
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES.....	4
3.1 Ecoute des appels des clients au standard du 80 00 11 11	4
3.2 Préparation des fiches de terrain pour les sorties	4
3.3 Sorties de terrain	5
3.4 Collectes des données	5
3.5 Traitement et analyse des données	5
CHAPITRE IV : RESULTATS.....	6
4.1 Prise et traitement de l'information au standard du 80 00 11 11	6
4.2 Résultats des investigations sur le terrain.....	6
4.3 Suivi des travaux de réparation des fuites	7
4.4 Sortie avec les équipes de coupure	11
4.5 Suivi des travaux d'exécution des branchements	11
4.6 Résultats du traitement des données recueillies sur le logiciel Water soft	13
CHAPITRE V : DISCUSSIONS ET ANALYSES	19
5.1 De la prise et du traitement de l'information de fuite.....	19
5.2 De la réparation des fuites sur le terrain.....	19
5.3 Des travaux de coupure.....	20
5.4 Du respect des normes d'exécution des travaux de branchement.....	21
5.5 De la qualité du matériel utilisé pour les branchements	21
5.6 De la pression	22
5.7 Des véritables causes des fuites	22
5.7.1 Causes des fuites d'eau au compteur.....	23
5.7.2 Causes des fuites d'eau sur branchement.....	24
CHAPITRE VI : PROPOSITION DE SOLUTIONS	27
6.1 Solutions pour la réduction des fuites.....	27
6.1.1 Cas des fuites sur branchement	27
6.1.2 Cas des fuites au compteur	30
6.2 Solutions pour une meilleure gestion des BT et des équipes	31
CHAPITRE VII : CONCLUSION	33
BIBLIOGRAPHIE.....	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Préparation des équipes avant le début des travaux de réparation des fuites.....	7
Tableau 2 : Méthodes de réparation des fuites	8
Tableau 3 : Observations Visuelles des fuites	8
Tableau 4 : Difficultés rencontrées lors des travaux	9
Tableau 5 : Remarques générales faites au cours des travaux de réparations des fuites	10
Tableau 6 : répartition des fuites par secteur (01/06/2011 au 31/05/2014)	14
Tableau 7 : répartition des fuites par sections dans les secteurs 15, 21 et 24 de Bobo.....	15
Tableau 8 : Répartition des fuites par lot et par parcelle suivant les sections	16
Tableau 9 : Caractéristiques des pressions mesurées	18

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Causes des fuites renseignées sur les BT entre le 1 ^{er} Janvier 2011 et le 31 décembre 2013.....	3
Figure 2: Fuite donnant lieu à un ruissellement	9
Figure 3: Fuite remarquable par une surface mouillée	9
Figure 4: Collage d'un tuyau pvc sur un branchement en PEHD.....	9
Figure 5 : Prise en charge pour une reprise de branchement sur une conduite.....	12
Figure 6 : Branchement réalisé sans compteur	13
Figure 7 : Répartition des fuites par groupes de secteurs	14
Figure 8 : sondage réalisé sur un branchement connaissant des fuites répétitives	17
Figure 9 : Tuyaux PEHD stockés sous le soleil à la merci des UV.....	22
Figure 10 : Schéma d'un branchement : points de fuites.....	24

CHAPITRE I : INTRODUCTION GENERALE

L'eau c'est la vie, pour reprendre le vieil adage. Et dans un pays sahélien comme le Burkina Faso, celui-ci revêt un sens encore plus élevé tant cette denrée est rare. Aussi, les moyens mis en œuvre pour sa mobilisation, son traitement et sa distribution sont-ils gigantesques. Hélas, la déception est encore plus forte lorsqu'une grande quantité de cette eau est perdue pendant sa distribution. Ce sont, en effet, des pertes qui engagent des moyens financiers énormes et constituent l'une des principales difficultés pour les structures œuvrant dans le domaine de l'adduction d'eau potable (**AEP**).

L'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (**ONEA**), au Burkina Faso, n'est pas une exception à la règle. C'est d'ailleurs pourquoi une section Réduction des Pertes d'Eau (**RPE**) a été créée au sein de sa direction de l'Exploitation, pour mieux prendre en charge la question.

On distingue les pertes apparentes des pertes réelles. Les premières sont des pertes qui ne sont pas liées à des fuites physiques. Il s'agit plutôt des consommations non facturées qui sont inhérentes à l'imprécision des compteurs, aux erreurs dans le processus de traitement des données et de facturation, aux compteurs bloqués ou non accessibles, aux fraudes et aux branchements illégaux. Quant aux pertes réelles, ce sont les volumes d'eau perdus à travers tous les types de fuites et incidents d'exploitation (débordements de réservoirs...). Ces fuites sont classées selon leur localisation dans le système. On distingue alors les fuites provenant des conduites d'adduction et de distribution, des débordements des réservoirs de stockage et les fuites au niveau branchement.

C'est sur cette dernière partie (fuites au niveau branchement) que porte cette étude qui se tient dans la ville de Bobo-Dioulasso. Cette cité, en effet, connaît plusieurs fuites de ce genre et les causes restent indéterminées. Une des causes, par exemple, est dite naturelle, ce qui reste vague. Il s'agira alors de déterminer les causes réelles de ces fuites et de proposer des solutions afin de les circonscrire. Il va sans dire que, de ce qui précède, cette étude ne concerne qu'une frange des causes de perte d'eau (fuite au niveau branchement). Cependant, sa contribution dans la lutte engagée est non négligeable, au regard de la quantité d'eau perdue ; 3 008 986 m³ en 2010 (M ; N'GUESSAN, 2011).

CHAPITRE II : PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

2.1 Historique de l'ONEA et de sa direction régionale de Bobo (DRB)

La ville de Bobo est alimentée en eau potable depuis la fin de la 2e guerre mondiale. Les premières installations d'AEP datent, en effet, de 1945 avec la construction de 2 châteaux d'eau de 300 m³ (Gare et Cotonnière) et d'un puits. Il faut dire qu'en Haute-Volta (Burkina Faso), avant 1960 et jusqu'en 1977, la gestion des systèmes collectifs d'AEP a relevé d'entreprises privées ou à participations privées : Energie AOF (Afrique occidentale française), Société africaine d'électricité (SAFELEC), Société voltaïque d'électricité (VOLTELEC) et Société Nationale des Eaux (SNE).

Suite à la nationalisation de ces systèmes de gestion en 1977, l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) a été créé par décret n°85/387/CNR/PRES/EAU le 28 juillet 1985 sous la forme d'un Etablissement Public de l'Etat à Caractère Industriel et Commercial (EPIC). Il sera transformé en société d'Etat le 2 novembre 1994 (décret N°94-391/PRES/MICM/EAU).

La Direction Régionale de Bobo-Dioulasso est organisée suivant l'organigramme présenté en annexe 2.

2.2 Problématique de l'étude

Le service Réseau de l'ONEA qui a la charge de la gestion des fuites dans la direction régionale de Bobo-Dioulasso enregistre de nombreuses fuites sur les compteurs¹ et les branchements. Les informations sur ces fuites sont enregistrées sur une application de gestion appelée Water Soft. Ainsi, une moyenne faite sur la période allant du 01 juin 2011 au 31 Mai 2014 donne approximativement 680 fuites (branchement et compteur) par mois soit 8160 fuites par an. A titre comparatif, 7360 fuites du même genre ont été enregistrées à Ouagadougou au cours de l'année 2013. Ce qui reste en deçà de la moyenne de Bobo-Dioulasso malgré l'étendue de la capitale politique, fort prépondérante sur celle de la capitale économique. Des équipes sont mobilisées sur le terrain pour les réparations et les informations sur les causes réelles de ces fuites sont fournies par elles. En effet, sur les bons de travaux de fuites **BT** (Annexe 1), des cases à cocher indiquent la cause de la fuite réparée. Celle-ci, selon cette fiche, peut être due à la

¹ Le compteur en lui-même est étanche et fait partie d'un branchement actif. Aussi, « fuite au compteur », tout au long de ce rapport désigne-t-elle les fuites se localisant dans le regard, dans un souci de conformité avec le thème de la présente étude.

vétusté, à une raison hydraulique (pression élevée) ou provoquée. Elle peut être hors-normes (faible profondeur du branchement) ou encore naturelle. C'est cette dernière cause qui est la plus répandue comme l'illustre la figure 1.

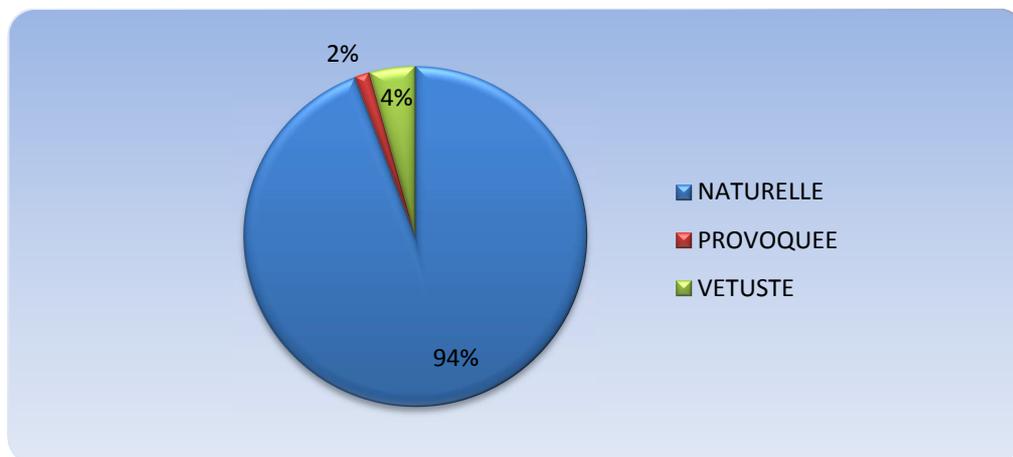


Figure 1 : Causes des fuites renseignées sur les BT entre le 1^{er} Janvier 2011 et le 31 décembre 2013

La définition non précise des causes limite les moyens d'action visant à les prévenir et à les réduire. L'objectif de la présente étude est donc de les définir.

2.3 Objectif général de l'étude

L'objectif global de cette mission est de diagnostiquer les causes des fuites sur les branchements et sur les compteurs, en les définissant nettement et en tirant des conclusions claires et fiables afin d'élaborer des stratégies d'actions efficaces.

2.4 Objectifs spécifiques de l'étude

Les objectifs spécifiques visés sont :

- L'évaluation des fuites sur les compteurs et branchements dans la ville de Bobo-Dioulasso
- La détermination et la définition des différentes causes de ces fuites
- La proposition de solutions pour la réduction de ces fuites
- La proposition de solutions pour une meilleure gestion du traitement des bons de travaux de fuite
- La proposition de solutions pour la réparation (outils et pièces) et pour l'amélioration des conditions de stockage et de mise en œuvre des conduites.

CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES

La méthodologie adoptée, dans le cadre de cette étude repose sur les étapes suivantes :

- Ecoute des appels des clients au standard du 80 00 11 11
- Préparation des fiches de terrain pour les sorties
- Sorties de terrain (suivi de la méthodologie de réparation des fuites et identification des pièces et consommables exploités)
- Collectes des données disponibles sur les fuites
- Traitement et Analyse des données
- Rédaction du rapport

Une recherche bibliographique a été menée sur des études similaires, notamment des mémoires, afin de dégager des pistes et des hypothèses. Celle-ci a aussi intégré les conditions de stockage, de manutention et de mise en œuvre des matériaux de branchement et la méthodologie de réparation des conduites en PEHD.

Le matériel utilisé regroupe les logiciels Water Soft, Water Gis, Excel et Arcview. Des loggers ont été utilisés pour les mesures de pression.

3.1 Ecoute des appels des clients au standard du 80 00 11 11

Au démarrage de cette étude à la direction régionale de l'ONEA Bobo-Dioulasso, nous nous sommes directement installés au 80 00 11 11 ; c'est le standard où les fuites d'eau sont signalées par les clients. C'est là aussi que le standardiste qui reçoit l'information la traite en tirant les BT à l'aide d'un logiciel de SIG appelé Water Gis. Un rapport est aussi effectué sur les fuites réparées à l'aide de Water Soft. Une semaine passée dans cette section, en y retournant quelques fois, a permis d'observer et d'écouter la prise et le traitement de l'information de fuite car c'est le point de départ de la chaîne.

3.2 Préparation des fiches de terrain pour les sorties

C'est la seconde phase de l'étude. Elle a consisté à élaborer des guides afin de recueillir les informations qui nous permettraient de résoudre le problème auquel nous étions confrontés. Le service réseau étant divisé en plusieurs sections dont l'organigramme est présenté à l'annexe 2, ces fiches ont été faites selon les activités qui y sont menées ; un guide pour le suivi des travaux de réparation des fuites sur le terrain (Annexe 3), un autre pour le suivi des travaux de branchement (Annexe 4) et un dernier pour le suivi des travaux de coupure (Annexe 5).

3.3 Sorties de terrain

Cette phase de l'étude a d'abord concerné les sorties avec les équipes de réparation de fuites, les équipes de coupure et les équipes de branchement. Ensuite, le traitement des données a permis de repartir sur le terrain en choisissant des points particuliers afin de réaliser des sondages et de faire des mesures de pression dans l'objectif de savoir comment les réparations y ont été menées et de connaître les valeurs de la pression.

3.4 Collectes des données

Des données ont été recueillies au sein de l'ONEA. Les informations sur le traitement des **fuites se faisant avec le logiciel Water Soft, les données essentielles y ont été recueillies**, permettant d'établir des statistiques et de faire le lien entre les différents éléments.

3.5 Traitement et analyse des données

C'est la phase d'analyse, de traitement et de compilation de toutes les informations recueillies et collectées dont la quintessence se trouve dans le chapitre "Résultats".

CHAPITRE IV : RESULTATS

4.1 Prise et traitement de l'information au standard du 80 00 11 11

C'est par le standard du 80 00 11 11 que l'information de fuite est transmise. Cette section fonctionne vingt et quatre heures sur vingt et quatre et sept jours sur sept.

Notons que le pic des appels se rencontre dans les huit premières heures de la journée c'est-à-dire entre 7h 30mn et 15h. C'est en ce moment que beaucoup de personnes (un appel toutes les 5 min en moyenne selon nos estimations) appellent pour signaler les fuites. Passé ce moment, les appels sont plutôt rares. La nuit ce ne sont souvent que des enfants et certains adultes mal intentionnés qui passent des coups de fil pour déranger.

Voici le process du standardiste lorsque celui-ci reçoit un appel :

- Après les salutations d'usage, le client indique qu'il ya une fuite d'eau ;
- Le standardiste demande à connaître le type de fuite (branchement, compteur, conduites de réseau)
- Après avoir reçu cette information, il demande les références cadastrales (lot, section et numéro de la parcelle la plus proche si c'est un branchement ou de la parcelle de l'abonné si c'est une fuite au compteur). Si celui-ci n'arrive pas à trouver les références cadastrales, alors on lui demande son numéro d'abonné se trouvant sur la facture ;
- Ensuite, il réclame l'identité (nom et prénom) de l'appelant et son numéro de téléphone.

Sur la base des informations recueillies, un BT est alors établi à l'aide de Water Gis et sera transmis à une équipe de réparation.

4.2 Résultats des investigations sur le terrain

Ces sorties de terrain avaient pour but l'observation des différents travaux pouvant être liés aux fuites. Ce sont : les travaux de réparation des fuites, les travaux d'exécution des branchements et les travaux de coupure. Il s'agissait de savoir s'il y avait des fuites qui étaient causées par ces différentes tâches. Mais ainsi que nous le verrons dans la suite, ce lien peut aussi être établi de manière numérique sans aller sur le terrain, pour peu que les données de gestion de ces travaux soient numérisées. C'est ainsi que celles sur la gestion des travaux de fuites ont permis de repartir sur le terrain. Dans tous les cas, ces sorties de terrain restaient nécessaires puisque les observations faites confirment ou infirment les hypothèses formulées.

4.3 Suivi des travaux de réparation des fuites

Le service des fuites travaille 24 heures sur 24, 7 jours sur 7 et compte sept (07) équipes. La journée est divisée en trois parties :

- De 07h 30 à 15h 30, plusieurs équipes (2 ou 3), selon le nombre d'instances (bons de travaux de fuites) démarrent la journée ;
- De 15h 30 à 23h 30, une seule équipe prend le relais ;
- De 23h 30 à 07h 30 une autre équipe termine la journée et le cycle reprend.

C'est dans la première tranche de la journée que nous avons le plus travaillé. Les remarques qui suivent, dans les tableaux ci-après, s'y rapportent.

Tableau 1 : Préparation des équipes avant le début des travaux de réparation des fuites

L'équipe qui doit monter arrive au bureau autour de 07h ;	1
Le chef de maintenance qui gère les équipes rassemble les bons (bons tirés au cours de la nuit + les bons non réparés par l'équipe de nuit) et les partage aux équipes selon l'endroit où ils ont le plus souvent l'habitude d'intervenir ; c'est une organisation tenant de l'habitude	2
Les équipes qui arrivent plus tôt (le plus souvent des cas que nous avons rencontrés) font le choix des bons elles-mêmes et il arrive que les bons difficiles à gérer (fuite sur conduite par exemple) soient écartés même si cela concerne la zone d'intervention habituelle de l'équipe ;	3
L'équipe qui arrive en dernière position récupère tous les bons sans distinctions (de zones ou de difficultés) ;	4
Le nombre de bons qu'une équipe peut emporter est compris entre 15 et 25 ;	5
Il arrive qu'une liste de fuites sans bons soit remise au chef d'équipe ;	6
Dès que le chef d'équipe a les bons, on sort alors pour récupérer le matériel et les ouvriers (autour de 08h00 en général) ;	7
Les ouvriers qui sont des contractuels journaliers, dont le traitement est sous-traité à une entreprise privée, viennent au bureau ou à l'endroit où se trouve le matériel ; certaines équipes ont un nombre de manœuvres fixe (5 en général) et d'autres pas. Il arrive qu'une équipe sorte avec 10 manœuvres ;	8
Sauf dans un seul cas où le matériel se trouvait au magasin, les chefs d'équipe ont le matériel chez eux ; il faut dire que la zone d'intervention regroupe les secteurs gravitant autour du domicile de celui-ci ; option la plus facile pour les chefs d'équipe le cas échéant	9
Le prélèvement du matériel dure tout au plus 10 minutes. Dès que cela est fait on trace l'itinéraire. Selon l'équipe :	10
On commence par les bons marqués "urgent" par le chef de maintenance ou par le standardiste du 80 00 11 11	11
Ou par les bons se trouvant à proximité du lieu de prélèvement du matériel et on progresse de proche en proche	12
Ou encore par les vieux bons	13
Ou par les fuites sur conduite s'il y'en a	14

Tableau 2 : Méthodes de réparation des fuites

Les chefs d'équipe n'ont pas de difficultés pour retrouver les lieux de fuite	1
Dès que le bon de démarrage est choisi, le chef d'équipe y dépose deux manœuvres (souvent trois) avec du matériel pour qu'ils commencent le travail (fouilles et/ou réparations) et on poursuit le deuxième bon avec les autres manœuvres	2
Au deuxième bon, on dépose encore deux ouvriers et ainsi de suite jusqu'à épuiser leur nombre	3
Ensuite, on refait le tour depuis le premier bon, pour récupérer les manœuvres	4
La plupart du temps, on trouve qu'ils ont terminé le travail (ainsi, les manœuvres réparent les fuites sous leur propre contrôle et responsabilité !) et rebouché la tranchée sauf dans les cas où : le matériel laissé est insuffisant, il y'a une complication	5
Au cas où c'est simplement par lenteur, on attend qu'ils aient terminé pour les embarquer	6
Le chef d'équipe ne descend presque jamais dans la tranchée	7
Nous rencontrons de passage, à l'exception des bons que nous avons, plusieurs fuites non signalées au 80 00 11 11 donc n'ayant pas de bon	10
Dans ce cas, on effectue les réparations et les références cadastrales sont transmises par téléphone au 80 00 11 11 pour qu'ils établissent un BT qui sera rempli à la descente comme si l'on était sorti avec.	11
Donc il arrive que l'on fasse plusieurs interventions de ce genre sans trop toucher aux bons que nous avons en main	12
Il arrive aussi très fréquemment, pendant que nous sommes sur le terrain, que l'on nous appelle (80 00 11 11 ou chef de maintenance ou tiers) pour signaler une fuite urgente à réparer. Un bon sera alors établi et traité comme précédemment.	13

Tableau 3 : Observations Visuelles des fuites

L'écoulement de l'eau au niveau des fuites au compteur n'est pas assez fort ; l'eau goutte en général ou suinte	1
Au niveau des branchements on a les cas de suintement (plus récurrent) et d'écoulement à gueule bée (les cas de ruptures de canalisation)	2
Certaines fuites sur branchement ne sont remarquables que par une petite surface mouillée et le champignon sur le sol	3
D'autres par contre donnent lieu à un ruissellement sur des centaines de mètres	4

Les photos qui suivent nous montrent quelques fuites :



Figure 2: Fuite donnant lieu à un ruissellement

Sur cette image, on peut voir l'importance de la fuite et en observant on se rend compte que le branchement n'est pas assez profond. Aussi voit-on les racines qui pourraient en être la cause.



Figure 3: Fuite remarquable par une surface mouillée

Sur cette image, l'on remarque aussi les racines qui sont à proximité

Tableau 4 : Difficultés rencontrées lors des travaux

Manque de qualification et surtout de motivation des manœuvres sur le terrain	1
Difficultés à trouver les vannes d'arrêt, donc travail souvent effectué sous-pression	2
Manque de matériel adéquat donnant lieu à des bricolages (manque de matériel de rechange, par exemple : tuyau pvc utilisé pour coller avec du PEHD ; usage de la filasse avec le pehd à la place du téflon qui est recommandé)	3
Manque d'outillage adéquat (douille, clés, gaz pour certaines équipes...)	4
Manque de véhicules (3 véhicules pour 7 équipes)	5

Sur la figure 4, on voit bien que l'on utilise du pvc pour emboîter à du PEHD.



Figure 4: Collage d'un tuyau pvc sur un branchement en PEHD

Cette méthode de réparation est celle utilisée par toutes les équipes. Aussi voit-on que la réparation est effectuée sous-pression. Cela est due au fait que certaines vannes d'arrêt sont introuvables

Tableau 5 : Remarques générales faites au cours des travaux de réparations des fuites

Il y'a des tronçons de branchements où les fuites sont répétitives et fréquentes	1
Des fuites apparaissent sur certains tronçons quelque temps après la réparation d'une fuite sur le même tronçon	2
Nous sommes repartis sur une fuite réparée-la veille avec une autre équipe	3
Durant les travaux de réparation de fuites sur branchements, les canalisations ne sont pas protégées contre l'entrée du sable et de la boue	4
Il y' a plusieurs branchements dont la profondeur n'excède pas 20 cm	5
Les fuites au compteur sont essentiellement dues à une défaillance des joints fibres (annexe 6) qui sont changés à chaque fois	6
La réparation d'une fuite sur compteur ne prend, en général, pas plus de 10 minutes.	7
Les bons qui durent, le sont en général par manque de pièce de rechange ou parce que dans le cas des fuites au compteur, le client est absent	8
Dans plusieurs cas, concernant les fuites sur compteur, nous sommes allés trouver que la porte était fermée	9
Aussi nous rencontrons des fuites sur prolongement, signalées comme fuites sur compteur	10
Fin des travaux de la journée	
On arrête les travaux autour de 14h 30, on dépose le matériel et on revient au bureau autour de 15h	11
A l'arrivée, les bons ne sont pas visés (bons exécutés, bons restants)	12
On remplit une fiche dans laquelle on met les références des bons exécutés, la nature des travaux effectués	13
On rend les bons exécutés à l'agent se trouvant au 80 00 11 11 pour qu'il fasse son rapport sur Water Soft	14
Et les bons non exécutés sont remis à l'équipe du soir	15
Quelques remarques sur les travaux de nuit	
Une seule sortie de nuit a été effectuée. Ce jour là, on avait 44 bons, au départ, vers 16h	16
On a attendu les 3 équipes qui sont montées dans la matinée afin de récupérer leurs bons en addition aux bons tirés par l'agent 80 00 11 11	17
Dès qu'il fait nuit, l'éclairage avec des lampe torches est insuffisant.	18
La plupart des fuites sont remises pour le lendemain, le chef d'équipe jugeant la tâche difficile dans la nuit. , toutefois la conduite fuyarde est isolée au préalable lorsque la vanne prévue à cet effet est retrouvable	19
Dès qu'il fait nuit, on ne dépose plus les ouvriers sur plusieurs fuites à la fois ; on travaille tous ensemble	20

Après la fin des travaux de la journée, un rapport, sur chaque BT est effectué et enregistré sur Water Soft

4.4 Sortie avec les équipes de coupure

Il s'agit de couper l'approvisionnement en eau des mauvais payeurs où de le rétablir lorsque ces derniers s'acquittent de leur devoir en payant les factures.

La coupure ou le rétablissement se fait avec trois procédures.

- Fermeture ou ouverture au niveau du robinet inviolable : à l'aide d'une clé, le plombier ferme l'arrivée d'eau ou bien l'ouvre sur un robinet situé avant le compteur.
- Fermeture avec un bouchon en forme de rondelle : le plombier dévisse le branchement juste avant le compteur et obstrue le tuyau avec un bouchon semblable à une pièce de monnaie. Lorsqu'il s'agit de rétablir l'arrivée d'eau, c'est ce même bouchon qui est retiré.

Après avoir terminé son opération, le plombier constate si l'eau est bien coupée ou bien rétablie. Il n'attend pas quelques instants afin de voir s'il y'aura oui ou non une fuite.

- Dépose du compteur

Dans certains cas, le plombier enlève le compteur d'eau pour couper ou le remet pour rétablir. Après avoir vérifié l'effectivité de l'action désirée (coupure ou rétablissement), là aussi, aucun temps n'est accordé afin de voir s'il ya oui ou non une fuite.

- Un quatrième mode de fermeture ou ouverture existe mais cela n'a pas été rencontré lors de nos excursions : il s'agit des fermetures ou ouvertures par le robinet de prise en charge sous bouche à clef.

4.5 Suivi des travaux d'exécution des branchements

Dans la question des fuites d'eau, le respect des normes d'exécution des travaux de branchement n'est pas à minimiser. Ainsi, la profondeur de pose, le matériel utilisé et la qualité de mise en œuvre sont des éléments clés dans la réussite de cette activité. Un branchement est constitué de trois parties :

- La prise d'eau, qui se fait sur une conduite. Elle est réalisée à partir d'un collier qui se fixe sur la conduite, d'un robinet à boisseau sphérique et d'un raccord PE. C'est sur ce raccord que vient se fixer le deuxième élément constitutif du branchement ;
- Le tuyau de branchement. La matière utilisée est le PEHD

La figure 4 illustre bien ces deux premiers éléments.

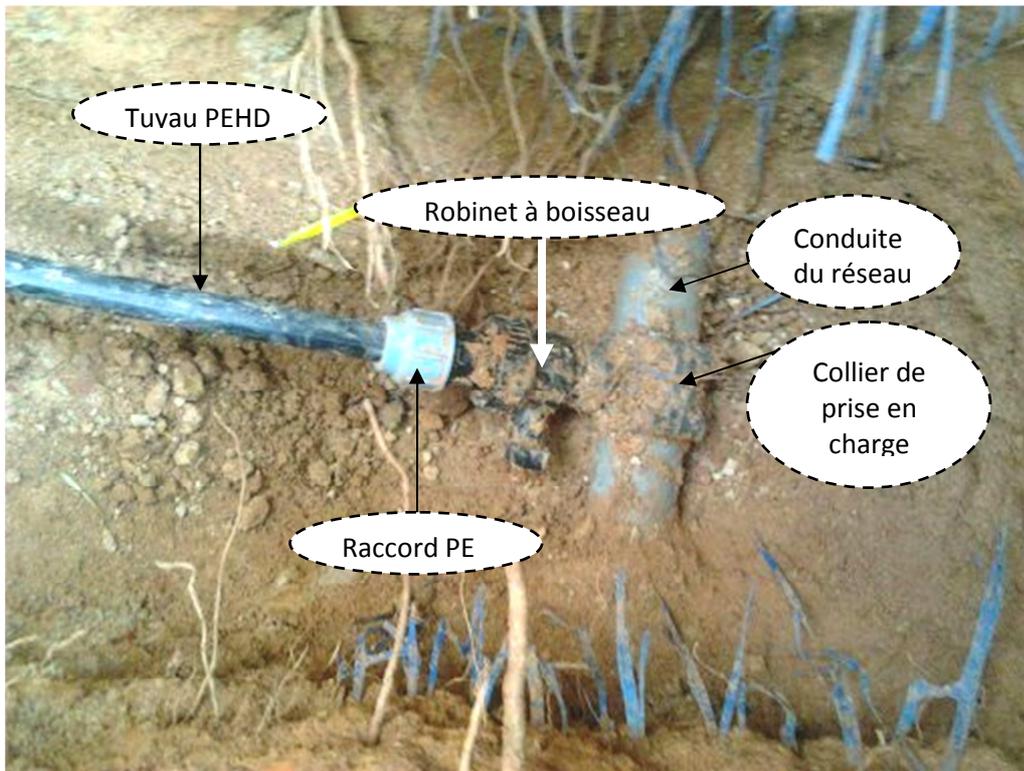


Figure 5 : Prise en charge pour une reprise de branchement sur une conduite

- La troisième partie du branchement (figure 6) est constituée par le compteur d'eau, à l'amont duquel est placé le robinet inviolable et à l'aval le robinet d'équerre. Ces éléments doivent être protégés par un regard.

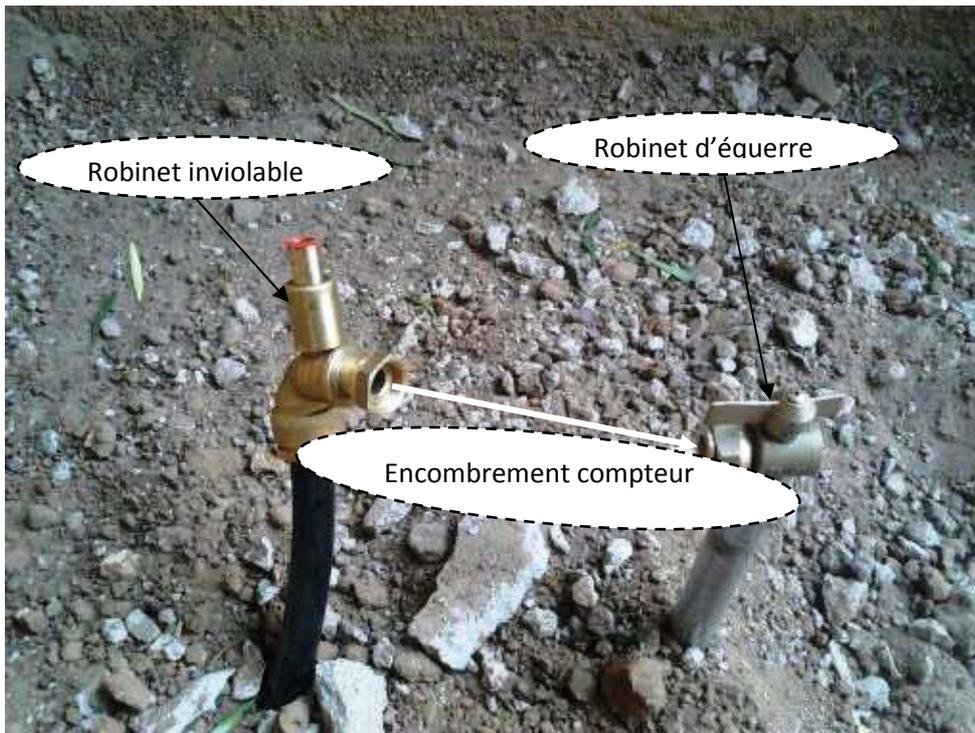


Figure 6 : Branchement réalisé sans compteur

Il ressort du suivi de l'exécution de ces travaux que la profondeur de pose n'excède point 80 cm. Aussi, les éléments sensibles, pouvant être immédiatement source de fuites d'eau, sont-ils les jonctions. La qualité du matériel (collier, raccord, robinet à boisseau, tuyau) doit être prise avec considération d'autant plus qu'à la question des fuites d'eau, les plombiers la remettent en cause, ipso facto.

4.6 Résultats du traitement des données recueillies sur le logiciel Water soft

Toutes les informations sur les fuites signalées se trouvent dans le logiciel Water soft qui représente donc une base de données importante pour cette étude. Cependant, les informations recueillies ne concernent que la période allant du 1^{er} juin 2011 au 31 mai 2014 car avant la première date, l'ordinateur sur lequel étaient stockées les données a été subtilisé par les mutins durant la crise militaire de 2011. Il va de soit que le stockage des données sur un support unique est à proscrire.

Ainsi donc sur cette période, on dénombre 23902 fuites sur branchement et compteur soit une moyenne mensuelle de 683 fuites. Le tableau qui suit nous donne la répartition de ces fuites selon les secteurs de la ville

Tableau 6 : répartition des fuites par secteur (01/06/2011 au 31/05/2014)

Secteur	Nombre de fuites	Nombre de fuites/mois	ratio sur le nombre total de fuites
21	2998	86	13%
24	2863	82	12%
15	2533	72	11%
10	1762	50	7%
11	1638	47	7%
17	1632	47	7%
20	1387	40	6%
22	1367	39	6%
25	1269	36	5%
14	1062	30	4%
12	659	19	3%
9	620	18	3%
16	600	17	3%
2	600	17	3%
1	584	17	2%
13	431	12	2%
4	421	12	2%
5	580	17	2%
6	426	12	2%
3	190	5	1%
8	137	4	1%
7	6	0	0%
23	7	0	0%
18	39	1	0%
19	91	3	0%
Total	23902	683	100%

On remarque que les secteurs 15, 21 et 24 prennent respectivement 11%, 13% et 12% soit au total 36% des fuites de la ville. Aussi, les secteurs 10, 11, 17, 20 et 22 occupent chacun un ratio de 7%. Cette répartition des fuites est indiquée sur la figure qui suit :

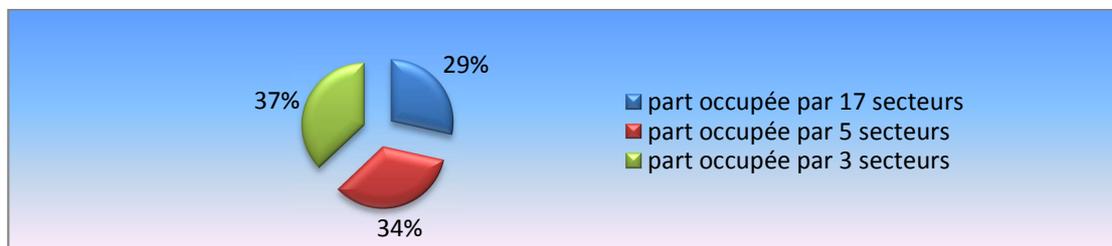


Figure 7 : Répartition des fuites par groupes de secteurs

Trois tendances se dégagent : les zones où les fuites sont nombreuses, celles où elles sont moyennes et les secteurs où les fuites sont rares. Cela ouvre une perspective dans la suite de cette étude puisque l'accent sera mis sur les secteurs critiques.

La division cadastrale de la ville de Bobo-Dioulasso se présente comme-ci : Secteur/Section/lot/parcelle. Après avoir déterminé les secteurs où les fuites sont récurrentes, nous nous sommes penchés sur ceux-ci (secteurs 15, 21 et 24) afin de comprendre la répartition de ces fuites selon la section, le lot et la parcelle.

La matrice qui suit nous montre la répartition des fuites par section aux secteurs 15, 21 et 24 de la ville. Les données considérées sont celles de 2012 et de 2013 puisqu'elles seules sont complètes.

Tableau 7 : répartition des fuites par sections dans les secteurs 15, 21 et 24 de Bobo

secteur 15				secteur 21				secteur 24			
2012		2013		2012		2013		2012		2013	
section	ratio dans le secteur	section	ratio dans le secteur	section	ratio dans le secteur	section	ratio dans le secteur	section	ratio dans le secteur	section	ratio dans le secteur
CP15	13%	CP15	12%	HS21	11%	AO21	10%	AV24	19%	AV24	21%
CR15	11%	CM15	12%	AO21	8%	HS21	9%	BD24	12%	AT24	10%
BN15	10%	CD15	11%	HK21	7%	HK21	7%	AT24	9%	BD24	9%
CM15	9%	CH15	10%	HN21	7%	HM21	6%	BP24	9%	BL24	8%
CD15	8%	CR15	9%	HM21	6%	HO21	6%	DP24	8%	BP24	7%
CH15	7%	CI15	6%	AL21	5%	AP21	5%	DR24	6%	BI24	7%
CI15	7%	CS15	6%	HR21	5%	AL21	5%	BL24	6%	BH24	6%
BP15	6%	CT15	6%	AV21	4%	AN21	3%	AW24	6%	DP24	6%
CT15	6%	BP15	6%	AW21	3%	AV21	3%	BI24	5%	AW24	5%
BR15	6%	CV15	5%	ND21	2%	AM21	2%	BH24	5%	BK24	4%
CS15	5%	CE15	4%					AS24	5%	BM24	3%
CE15	4%	BN15	4%					BN24	2%	BD24	3%
CV15	5%	BR15	4%								

On remarque bien à travers ce tableau qu'il y'a des sections où les fuites prédominent surtout pour les secteurs 15 et 24. Pour le secteur 21, elles sont plus ou moins bien réparties sur les différentes sections. Au secteur 24, on voit nettement que la majorité des fuites se localise sur la section AV24.

Maintenant, intéressons nous au comportement des fuites selon le lot et la parcelle, en considérant les sections où les fuites sont nombreuses.

Tableau 8 : Répartition des fuites par lot et par parcelle suivant les sections

Numéro section	Numéro lot	Numéro parcelle	nombre de fuites dans l'année	remarques
CP15	2340	03	19 fois en 2012	
	2330	21	17 fois en 2013	
	2327	01 et 08	9 fois en 2013	
	2338			plus de 20 fuites dans le lot en 2013
	2313	16	4 fois en 2012 et 6 fois en 2013	
CR15	1246	M	3 fois en 2012	
	1244	A	5 fois en 2012	
	1237	F et G	7 fois en 2012	
BN15	3284	16 et 17	10 fois en 2012	
	3310			trop de fuites au niveau du lot mais réparties sur l'ensemble des parcelles
	3309			trop de fuites au niveau du lot mais réparties sur l'ensemble des parcelles
CM15	1242	K1	14 fuites en 2013	
	1241			trop de fuites au niveau du lot mais réparties sur l'ensemble des parcelles
	1208			
CD15	3226	14	13 fois en 2013	
	3232	07	15 fois en 2013	
AV24	84	07	12 fois en 2012 et 10 en 2013	
	25	10 et 13	8 fois en 2012	
	28	12	11 fois en 2013	
	77	08	12 fois en 2013	
	36	10	8 fois en 2012	
DP24	33	07	7 fois en 2012	
BD24	49	02	10 fois en 2012	
	40	04	8 fois en 2013	
	68	04	8 fois en 2013	
	55	06	8 fois en 2012	
AT24	01	09	8 fois en 2013	
	12	03	8 fois en 2013	
	32	08	8 fois en 2013	
	07	04	7 fois en 2013	
HS21	2453			trop de fuites au niveau du lot mais réparties sur l'ensemble des parcelles
	2467			trop de fuites au niveau du lot mais réparties sur l'ensemble des parcelles
	2429	18		trop de fuites au niveau du lot mais réparties

Ce tableau nous présentant des branchements connaissant plus d'une fuite par mois indique une répétitivité.

Ces résultats ont permis de repartir sur le terrain afin de constater au visu la configuration des branchements et les différentes tâches qui y ont été réalisées et aussi de faire des mesures de pression.

- Sondages sur les branchements connaissant des fuites répétitives

Prenant appui sur les résultats contenus dans le tableau 8, quelques parcelles (six au total) ont été choisies pour réaliser des sondages afin de s'informer sur la manière dont les réparations ont été effectuées. La configuration des branchements et la profondeur des fouilles ont aussi été considérées.

De prime abord, il faut noter que tous ces branchements sont en PEHD. Nous sommes allés correspondre avec la présence de fuite sur certains branchements comme celui la parcelle numéro 08 du lot 77 de la section AV24. Là d'ailleurs, les traces d'une réparation récente étaient encore visibles. Par ailleurs, sur d'autres points comme la parcelle numéro 03 du lot 2340 de la section CP15, nous avons constaté que le tuyau était neuf, ce qui indiquait que le branchement a été repris.

La profondeur des fouilles n'excède point 25 cm, à aucun endroit. Les tuyaux ont été posés juste en-dessous de la terre végétale comme l'illustre la figure 8.



Figure 8 : sondage réalisé sur un branchement connaissant des fuites répétitives

- Mesures de pression

Des mesures de pression ont été réalisées à différents points en considérant les sections (AV24, BH24, BP24, BN15, CI15) où les fuites sont nombreuses. Ces prises ont été faites sur deux jours à l'aide de loggers programmés pour faire des enregistrements toutes les 15 min. Voici les résultats de nos mesures présentés dans le tableau 9.

Tableau 9 : Caractéristiques des pressions mesurées

Section/lot/parcelle	Pression (bar)			
	Max	Min	Moy	amplitude
AV24/20/04	5,5	2,2	4,3	3,3
BH24/25/06	3,9	0,8	2,8	3,1
BN15/3311/08	4,6	0,5	3,2	4,1
BP24/17/07	7,1	1,9	5,8	5,2
CI15/3174/11	7,1	1,0	5,4	6,0

Les représentations graphiques de ces différentes mesures se trouvent à l'annexe 7. L'annexe 6 nous montre un logger placé pour faire des mesures

CHAPITRE V : DISCUSSIONS ET ANALYSES

Dans cette section, nous repasserons, au peigne fin, les différents résultats ci-dessus présentés afin de trouver les véritables causes des fuites et les méthodes efficaces pour mieux les gérer. Ainsi que dans le chapitre précédent, commençons avec la prise et le traitement de l'information de fuite.

5.1 De la prise et du traitement de l'information de fuite

Sur le terrain, pour les équipes de réparation de fuites, certains BT ne peuvent être éliminés, notamment pour les fuites au compteur. Car, bien souvent, le client est absent de son domicile, ainsi que dit au Tableau 6, ligne 9. Cela entraîne plusieurs conséquences. D'abord en retardant le travail des plombiers, diminuant ainsi le nombre de fuites réparées par jour. Ensuite, au regard des distances parcourues, cela est fort éprouvant physiquement et psychologiquement. Enfin ce sont des pertes économiques dues au carburant "brulé".

En considérant le process du standardiste au 80 00 11 11, nous remarquons que celui-ci ne s'intéresse pas au fait de savoir si le domicile du client est accessible à tout moment ou pas (surtout pour les fuites au compteur). Nous pensons donc que, en intégrant cet élément, on pourra rendre le travail aisé sur le terrain et faire des économies.

Des fuites sur prolongement sont aussi signalées par certains clients (Tableau 6, ligne 10). Rappelons que la réparation des fuites sur prolongement incombe à ces derniers. Ainsi, un BT sur une fuite sur prolongement entraîne les mêmes désagréments que précédemment. Il importera donc au standardiste du 80 00 11 11 de savoir si la fuite est située oui ou non après le compteur.

5.2 De la réparation des fuites sur le terrain

Dans le tableau 6, les lignes 1, 2 et 3 indiquent que les fuites sont répétitives à certains endroits. Ces informations recueillies sur le terrain sont confirmées par le traitement des données sur les fuites. En effet, en considérant par exemple la section AV24, le lot 84 et la parcelle 07, on se rend compte qu'une fuite y a été réparée 12 fois en 2012 et 10 fois en 2013. Toutes ces informations suscitent quelques interrogations : Les travaux de réparation sont-ils bien exécutés ? Le matériel utilisé pour ces réparations est-il adéquat ? Ces endroits présentent-ils des singularités qui pourraient être la cause de ces répétitions ?

- En ce qui concerne l'exécution des travaux de réparation des fuites, le tableau 3 (ligne 1 à ligne 6), attire notre attention sur le fait que le travail est bien souvent laissé aux manœuvres. Les chefs d'équipe en les déposant sur les différentes fuites ne peuvent suivre le travail ni constater si les réparations sont faites avec soins. Car en considérant l'absence de motivation des ouvriers qui sont des contractuels d'une entreprise privée donc à la recherche du pain quotidien et surtout le manque de formation adéquate, il serait légitime de dire que les travaux de réparation sont mal exécutés par les ouvriers surtout en l'absence du chef d'équipe.
- Le matériel utilisé pour les réparations a aussi sa part de responsabilité dans la répétition des fuites. En effet, comme l'illustre la figure 3, pour réparer une fuite sur un branchement en PEHD, on enlève la partie percée sur le tuyau et on la remplace par un tube en PVC, par collage. Cette méthode ne peut que résoudre le problème momentanément. Pour preuve, plusieurs fuites constatées concernent les emboitements entre ces différents tuyaux. Outre cela, comme mentionné dans le tableau 5 à la ligne 3, on utilise la filasse alors que le téflon est mieux indiqué (en réalité, la filasse est conseillée pour les tuyaux en galva et le téflon recommandé pour les pvc et pehd). Nous ne saurions omettre le fait que certaines équipes manquent de l'outillage nécessaire. Des équipes n'avaient pas les clés nécessaires, pas de douilles et pas de gaz pour chauffer les tuyaux pour réalisation d'emboiture (ils utilisaient un feu de camp).
- En se référant toujours à la figure 3, on peut remarquer que le branchement traverse un collecteur d'eau naturel. Il existe plusieurs cas de ce genre, surtout au secteur 17 (qui compte par ailleurs 7% du nombre total des fuites de la ville), où les branchements sont mis à nu par le ruissellement. Ils sont alors exposés aux dangers que constituent les charges roulantes et l'écoulement de l'eau de pluie qui rompt les tuyaux. Il existe donc des endroits particuliers qui sont prédisposés aux fuites.

5.3 Des travaux de coupure

Rappelons que les sorties avec les équipes de coupure avaient pour but de prouver ou de nier un lien entre les travaux qu'ils effectuent et les fuites d'eau, au compteur notamment. En se référant au mode d'exécution de ces travaux, on se rend compte que la fermeture ou l'ouverture du RI ne peut entraîner une fuite puisque c'est un robinet qui est manœuvré. Par contre, la coupure ou la fermeture avec le bouchon et la pose ou dépose du compteur peuvent être source de fuites.

Il faut dire que, dans l'immédiat, après avoir fait la coupure ou le rétablissement, on ne peut constater une fuite puisque le plombier serre bien les vis jusqu'à ce qu'il ne voit plus l'eau goutter surtout que ce dernier se méfie de notre présence. Donc il serait fort difficile, de cette manière, d'établir un lien entre les causes de fuites sur compteur et ces travaux de coupure. Cependant, une autre alternative consisterait à faire un croisement entre les données enregistrées sur les travaux de coupure et celles sur les travaux de réparation de fuites dans le but de déterminer des parcelles, s'il y'en a, où des fuites sur compteur ont été signalées quelques temps (une semaine par exemple) après une coupure ou un rétablissement. Hélas, les données sur les travaux de coupures effectuées n'étaient pas numérisées et vu leur quantité et le temps qui nous était imparti, cette piste a été abandonnée. Mais il est aussi possible de choisir un échantillon de clients dont l'approvisionnement a été coupé ou rétabli et de suivre l'évolution de ceux-ci au niveau des fuites et cela nécessite encore du temps.

De toutes les manières, s'il y avait une relation entre les fuites sur compteur et les coupures, celle-ci serait due surtout au fait que le plombier, en réalisant son opération oublie ou use une pièce comme les joints fibres. Aussi le serrage des vis n'est-il pas à négliger. Sans doute, une bonne formation appuyée d'une sensibilisation régulière des coupeurs permettrait de résoudre ce problème.

5.4 Du respect des normes d'exécution des travaux de branchement

De prime abord, dans plusieurs cas, la profondeur de pose de la conduite ne dépasse pas 20 cm. Les conduites sont posées directement dans la tranchée sans procéder au préalable à la pose d'une couche de sable. Aussi, Il n'existe pas de grillage avertisseur. Enfin certains branchements sont exécutés en omettant les joints fibres qui garantissent l'étanchéité et/ou en serrant approximativement les vis.

5.5 De la qualité du matériel utilisé pour les branchements

Il serait fort délicat de vérifier la qualité des conduites à la fourniture. Cependant, en admettant leur normalité sur garanti du fabricant (SOTICI), les conditions de stockage laissent plutôt à désirer. Les tuyaux sont gardés sous le soleil à la merci des rayons UV comme l'illustre la figure 8. Ce sont ces mauvaises conditions de stockage qui contribuent à la dégradation de la qualité des tuyaux.



Figure 9 : Tuyaux PEHD stockés sous le soleil à la merci des UV

5.6 De la pression

Le dysfonctionnement des régulateurs sur le réseau entraîne en moyenne une augmentation des fuites journalières de 220% (de 5 à 11 fuites en moyenne par jour) dans les différentes tournées situées à l'aval de ces régulateurs (Source ONEA : statistiques réalisées sur les années 2008 et 2009). Cette phrase montre bien que la pression a une part de responsabilité dans la question des fuites. Cependant, les mesures de pressions que nous avons faites ont donné un maximum de 7,1 bars. Au regard de la pression nominale des tuyaux pehd dont nous disposons qui est de 16 bar, cette pression est faible pour provoquer une fuite sinon que la qualité des tuyaux doit être remise en question si l'on s'en tient aux statistiques réalisées par l'ONEA en 2008.

5.7 Des véritables causes des fuites

La problématique de cette étude met en exergue la multiplicité des fuites d'eau sur branchement et sur compteur dans la cité de Bobo-Dioulasso. Le compteur d'eau en lui-même étant étanche, entendons par fuite au compteur, les fuites se localisant au niveau du regard. En réalité, tout cela fait partie intégrante du branchement, il ne serait donc pas absurde de parler

uniquement de fuite sur branchement car ce dernier, ainsi que nous l'avons montré, peut être divisé en trois parties. Cependant, pour la circonstance, restons dans l'esprit de ce problème.

5.7.1 Causes des fuites d'eau au compteur

Lorsqu'une fuite se localise au niveau du regard, on la qualifie de fuite au compteur. En réalité, la fuite se présentera soit au niveau du tube PEHD se trouvant hors-sol soit sur les jonctions RI-compteurs et/ou compteur-robinet d'équerre (voir figure 6).

- Cas de fuite se localisant sur le tube PEHD hors-sol

Le tuyau hors-sol se trouvant dans le regard, on pourrait penser qu'il est à l'abri de tout danger. A tort ! puisque le regard en lui-même constituera une menace lorsque celui-ci est mal posé ou est trop petit. Plusieurs fois, ces deux situations ont été rencontrées lors de nos excursions avec les équipes de réparation surtout dans les parcelles où il y'avait plusieurs branchements avec des regards placés côte à côte. C'est dire donc que le regard est une cause de fuites au compteur.

- Cas de fuite se localisant au niveau des jonctions RI-compteur et compteur-robinet d'équerre

Les fuites à ces raccordements sont essentiellement dues à une défaillance des joints fibres qui sont changés à chaque fois (Tableau 5, ligne 6). Les joints fibres sont des rondelles que l'on place afin de rendre les jonctions étanches. Un défaut de ces derniers suscitera donc une perte d'étanchéité. La détérioration des joints fibres peut être inhérente à la vétusté ou encore aux coupures d'eau. Pour ce dernier cas, notons que les joints fibre utilisés sont en plastique et ont l'inconvénient de se gonfler lorsque le tuyau est sous pression et de se rétrécir après les coupures de longue durée perdant ainsi leur fonction.

Lors des travaux d'exécution des branchements, il arrive que le plombier oublie de placer un ou les deux joints fibres. Les conséquences seront donc immédiates à la mise en eau. C'est ainsi que des fuites de ce genre ont été rencontrées sur de nouveaux branchements. La mauvaise exécution des branchements est, de ce fait, mise en évidence. Le placement des joints fibres peut aussi être omis lors des travaux de coupure et rétablissement. Hormis cela, le vissage peut être la cause de la fuite puisque des cas de fuites signalées ont été réparés juste en l'améliorant.

La figure 10 qui suit montre un schéma général d'un branchement avec les points de fuites probables.

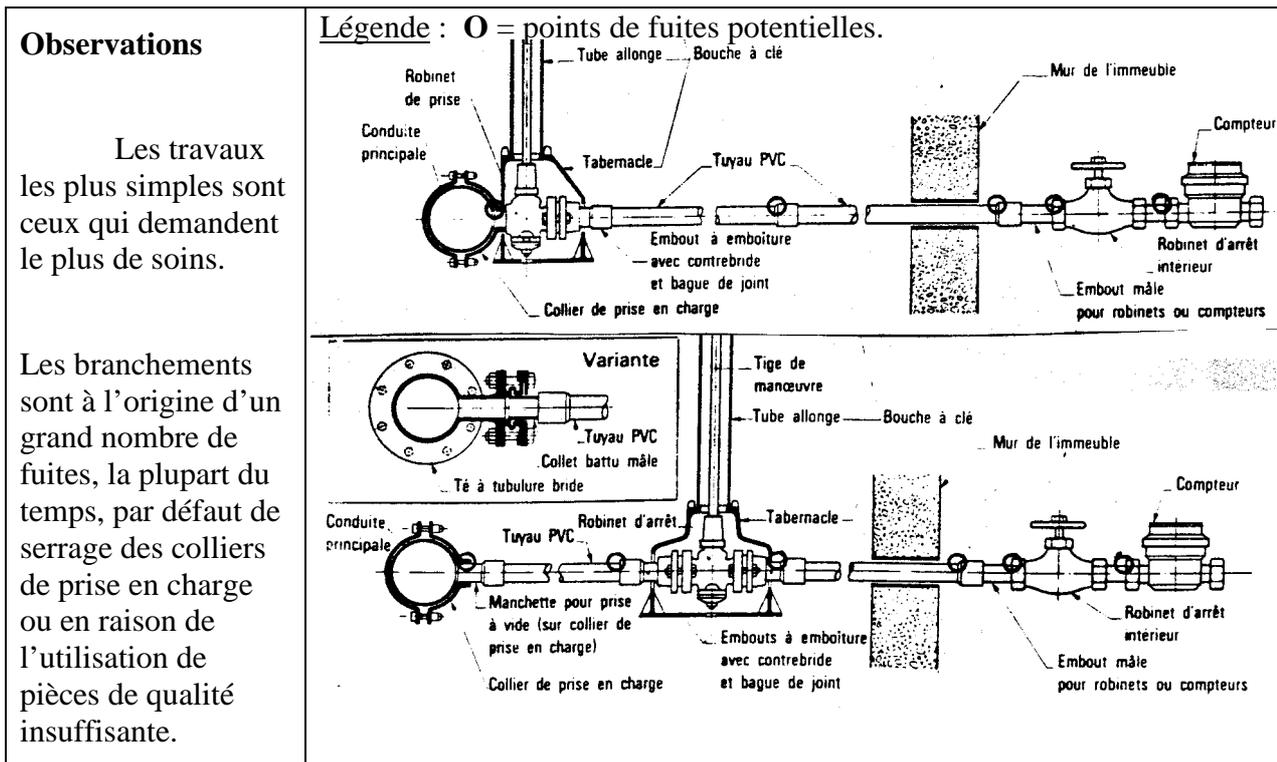


Figure 10 : Schéma d'un branchement : points de fuites

5.7.2 Causes des fuites d'eau sur branchement

Les causes des fuites d'eau sur le reste du branchement, exception faite de la partie se trouvant dans le regard, sont nombreuses. Il ya des causes directes et aussi des causes indirectes qui participent plutôt à leur multiplicité.

- Fuites provoquées

Certaines fuites sont dues à une action humaine, parfois provenant même des agents de l'ONEA comme ceux travaillant dans les équipes d'extension, parfois aussi par des tiers. Les équipent d'extension réalisent des sondages qui leurs permettent d'effectuer leurs travaux à partir du réseau existant. Un tuyau peut alors être percé lors de ces sondages ainsi que nous avons pu le constater. Les cas où ces fuites sont provoquées par des personnes étrangères sont imputables surtout aux enfants et aux charges roulantes sur les branchements mis à nu par le ruissellement dans les collecteurs d'eau naturel. Indiquons, au passage, un cas de fuite provoquée par un client qui ambitionnait de planter un arbre.

- Mauvaise exécution des branchements

Le non-respect des normes d'exécution des travaux de branchement est un point saillant de cette problématique de fuite. Lorsqu'un tuyau est posé à moins de 20 cm de profondeur et de surcroît sans poser un lit de sable au préalable, il est exposé à de multiples dangers. D'abord le ruissellement, à certains endroits le mettra à nu. Ensuite le poinçonnement dû au passage des engins est plus important quand le tuyau est proche de la surface. Enfin, le tuyau placé à une faible profondeur est exposé aux variations de température à la surface ; ce qui joue sur la température de l'eau transportée.

- Matériel de branchement

Le matériel utilisé pour les branchements se distingue dans les causes des fuites par leur qualité, et leur insuffisance.

Les fuites répétitives se localisent aussi bien sur des branchements traversant des voies à grande circulation que sur des branchements ne passant à travers aucune route. Si seule la première situation était rencontrée, on incriminerait, toute suite et uniquement, le poinçonnement. Seulement, les deux situations rencontrées attirent plutôt notre attention sur la qualité du matériel surtout du tuyau en PEHD usité (tuyaux détruits par les UV). La qualité des autres composants est aussi à prendre avec considération. Il ya aussi plusieurs cas de fuites sur les colliers. Nous avons rencontré deux types de colliers, l'une de couleur noire et l'autre de couleur blanche. Les fuites sur collier se rencontrent essentiellement sur celui de couleur noire, foi d'un chef d'équipe.

Concernant l'insuffisance du matériel, le constat est amer. En effet, dans plusieurs cas, les plombiers s'adonnent à des bricolages afin de suppléer une pièce défectueuse. C'est ainsi que des tés et des coudes sont fabriqués in situ, avec tous les désagréments que cela comporte.

- Méthode de réparation

Comme nous l'avons déjà mentionné, les réparations des fuites sont souvent mal exécutées. D'une part, les équipes elles-mêmes sont responsables lorsque le travail est laissé aux manœuvres. D'autre part, le collage d'un tuyau en pvc sur un tuyau en pehd, imposé par le manque de matériel de réparation est non-conventionnel. Un autre regret est celui du travail effectué sous-pression (certaines vannes d'arrêt sont introuvables).

Ce sont ces fuites mal réparées qui se répètent et contribuent à alourdir le nombre d'instances de fuites à réparer. Il s'agit donc de causes indirectes puisqu'elles sont issues d'une première fuite non liée à la réparation.

- Les racines

Sur les figures 2 et 3, on remarque les racines des arbres (l'espèce la plus rencontrée est l'acacia albida) à côté des tuyaux. Ces racines sont des causes de fuites en ce sens où elles ont la capacité de percer les tuyaux. C'est une cause de fuite admise bien avant la présente étude.

CHAPITRE VI : PROPOSITION DE SOLUTIONS

A partir des causes de fuites énumérées dans le chapitre précédent, des solutions sont proposées, dans la suite, afin de les réduire et aussi de les éviter. Des méthodes de réparation du PEHD sont aussi proposées. Le traitement des BT et la gestion des interventions des équipes de réparation de fuites sur le terrain sont revus, dans un souci d'amélioration des conditions de travail sur le terrain et bien entendu de réduction des pertes d'eau.

6.1 Solutions pour la réduction des fuites

6.1.1 Cas des fuites sur branchement

- Reprises de branchements

C'est l'épine dorsale de toutes les recommandations qui sont proposées. Le tableau 8 présente quelques branchements sur lesquels les fuites sont répétitives. Cette liste n'est point exhaustive. Notre proposition, consiste donc à tous les répertorier et à faire des reprises de branchement. Cela contribuera fortement à réduire le nombre d'instances. Dans les recherches, l'accent doit être mis sur les secteurs 15, 21 et 24 avec une attention particulière portée sur la section AV24 où les fuites sont légion. Les secteurs 10, 11, 17, 20, 22 et 25 sont aussi des points de concentration de fuites répétitives.

- Protection des branchements

Comme spécifié précédemment, certains branchements sont mis à nus par le ruissellement. Cela contribue à créer de nombreuses fuites. Ces cas sont courants surtout au secteur 17 (appelé communément Sarfalao). Il s'agira alors de les dénombrer afin de les protéger. Cette protection peut se faire en augmentant considérablement la profondeur de fouille (1,5 m à partir du fond du collecteur). Au fond de fouille, on créera une tranchée d'encrage (qui fera office d'enrobage) pour y déposer le tuyau. Après le remblayage et le compactage, on place des sacs remplis de sable juste en aval de la fouille en guise de dispositif antiérosif. Cette technique peut aussi être utilisée lors de l'exécution des branchements traversant des collecteurs naturels en prévoyance de l'érosion avenir.

- Respect des normes d'exécution des branchements

D'une manière générale, la profondeur de pose recommandée est de 0,80 m. Les tubes doivent être posés sur un lit de sable sans éléments durs et tranchants. Il faut dire, cependant, que les tuyaux utilisés sont des PE100² et cette dernière qualité exonérerait de la pose de sable. Mais nous maintenons notre proposition au moins sur les branchements traversant les voies à grande circulation car les charges sont excessives et la dureté du sol (latéritique) impose parfois des profondeurs de fouilles n'atteignant pas le mètre. La pose d'un grillage avertisseur permettra d'éviter les fuites provoquées.

- Respect des méthodes de réparation des conduites en PEHD

Pour les réparations des conduites en PEHD, il existe principalement trois méthodes de raccordement qui sont d'ailleurs proposées par la SOTICI : assemblage par manchons électro-soudables, assemblage par soudage bout-à-bout et assemblage par raccords de compression.

- Assemblage par manchons électro-soudables (voir annexe 8)

Cette technique consiste à réaliser des assemblages au moyen de manchons électro-soudables. Une résistance électrique a été intégrée aux manchons lors de la fabrication. Après avoir réalisé un montage dans les règles de l'art, la résistance électrique du raccord est connectée à une source d'énergie. Lors du soudage, la dissipation, par effet Joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux pièces assemblées, assurant grâce à un mélange intime des deux polyéthylènes une cohésion et une étanchéité parfaites.

- Assemblage par soudage bout-à-bout (voir annexe 9)

Le soudage bout-à-bout par élément chauffant est utilisé pour assembler les tubes et raccords en PE d'épaisseurs identiques et d'indices de fluidité³ compatibles entre eux. Ce procédé consiste à porter à la température de soudage, par un élément chauffant (miroir), les extrémités des tubes et/ou raccords. Après escamotage de cet outil, les extrémités plastifiées sont mises en

² Les appellations PE80 et PE100 sont basées sur la résistance à long terme des matériaux respectifs, connus comme le minimum requis force (MRS) conformément à la norme ISO 9080. Le MRS est déterminée en effectuant une analyse de régression, conformément à la norme ISO 9080 sur les données de test à partir des résultats des tests de pression à long terme. L'analyse de régression permet la prédiction de la résistance minimale à une durée de vie de service spécifique. Les données sont extrapolées pour prédire la résistance minimale à 20 ° C et à la durée de vie nominale de 50 ans spécifiée. Les détails complets de l'analyse peuvent être trouvés dans la norme ISO 9080.

³ Le Melt Flow Index (MFI) ou Indice de Fluidité (IF), également connu sous les noms Melt Flow Rate (MFR) ou Melt Index (MI), est une méthode communément utilisée dans l'industrie des plastiques pour la caractérisation des matériaux thermoplastiques, surtout les polyoléfinés. Elle permet d'estimer leur extrudabilité. Il s'agit d'une méthode thermomécanique en sollicitation statique. En effet, une perturbation (pour ce test, une pression) constante est appliquée à la matière, à une température donnée.

contact et sont maintenues en pression l'une contre l'autre pendant le cycle complet de refroidissement. Une bonne soudure bout-à-bout, exécutée dans les règles de l'art reconstitue parfaitement la continuité de la canalisation avec une résistance mécanique identique.

➤ Assemblage par raccords de compression

Le raccordement par compression est réalisé avec des raccords à visser en matière plastique ou en laiton.

- Formation et Equipement des équipes de réparation

Les techniques de réparation ci-dessus proposées requièrent chacune une formation et un équipement appropriés (voir les annexes 8 et 9). La dotation en matériel sera faite en fonction de la technique choisie. En plus de cette logistique, chaque équipe doit disposer du matériel adéquat pour l'exécution des travaux (clés appropriés, douilles, éclairage pour les travaux de nuit...). Une réunion avec ces équipes permettra de déterminer exactement leurs besoins. La question des véhicules aussi est à revoir afin de rendre les équipes autonomes.

- Amélioration des conditions de stockage et de manutention du matériel

Les fournitures doivent être stockées et conservées selon les prescriptions du fabricant qui certainement déconseillera fort bien l'exposition au soleil. Les tuyaux doivent être gardés à l'abri de celui-ci. Les précautions à apporter au stockage sont d'autant plus grandes que les fournitures sont sensibles ou ne sont pas destinées à une mise en œuvre dans un délai rapproché. Ces précautions visent en particulier les modifications géométriques, les efforts excessifs et l'action des UV.

Les produits sont manutentionnés dans des conditions non susceptibles de les détériorer et à l'aide de dispositifs adaptés. Une attention particulière est portée au maintien dans leur état d'origine de leur géométrie, de leurs extrémités, de leurs revêtements. Les produits sont déposés sans brutalité sur le sol ou dans la tranchée. Tout produit (collier par exemple) qu'une fausse manœuvre a laissé tomber, de quelque hauteur que ce soit, est considéré comme suspect et ne peut être posé qu'après vérification.

- Organisation de réunions périodiques entre les chefs d'équipes, le chef de maintenance et le chef réseau

Des rencontres de cadrage sont d'une importance capitale pour la bonne marche des activités. Cela permettra au chef de réseau de savoir vraiment ce qui se passe sur le terrain et les difficultés réelles auxquelles sont confrontées les équipes.

- Régulation de la pression

Le renforcement du dispositif de régulation de la pression est aussi capital pour la limitation des fuites.

- Ne pas laisser les travaux aux manœuvres

Les chefs d'équipes devront assister à tous les travaux de réparation. Bien vrai, il est, que ces derniers justifient leur manière de travailler par le nombre pléthorique d'instances. Mais là se trouve justement le problème ; puisque si les tâches sont mal effectuées cela créera encore plus de fuites. Il importe donc que ces plombiers assistent et dirigent tous les travaux de réparation d'autant plus que l'application des solutions déjà présentées rendra caduque l'alibi de la multiplicité des fuites. Aussi, une initiation des manœuvres au b.a.-ba la plomberie s'impose-t-elle.

6.1.2 Cas des fuites au compteur

Afin d'éviter les fuites se localisant sur le tube PEHD hors-sol, les dimensions des regards doivent être respectées. A la pose de ces mêmes regards, les ouvriers doivent bien prendre le soin de ne pas toucher le tuyau. Aussi, dans les habitations où il ya plusieurs branchements, une distance minimale (10 cm par exemple) doit être respectée entre les regards. Au besoin, le tube hors-sol peut être même protégé par un autre tube en pvc de plus gros diamètre.

Les fuites se localisant au niveau des jonctions RI-compteur et compteur-robinet d'équerre, ainsi que nous l'avons montré proviennent d'une défaillance des joints fibres en général due à la vétusté. Cependant ces joints fibres peuvent être omis lors des travaux d'exécution de branchement ou durant les coupures-rétablissements de l'approvisionnement des clients. Une sensibilisation des exécutants à plus de vigilance serait salvatrice.

Le sable et la boue qui pénètrent dans les tuyaux lors des réparations contribuent à supprimer l'étanchéité garantie par les joints fibres car avec la pression, les particules s'incrustent entre la paroi du raccord et les joints. Cette intrusion du sable et de la boue dégrade aussi la qualité de l'eau. Il sera donc capital de protéger l'entrée par des couvercles. Ces bouchons doivent être conçus pour chaque équipe suivant les diamètres des tubes.

6.2 Solutions pour une meilleure gestion des BT et des équipes

- Contrôler la répétition des fuites

Sur Water Soft, une commande doit être intégrée de telle sorte que lorsqu'une fuite réparée est signalée de nouveau cela s'affiche. Outre cet avantage du contrôle de la répétitivité des fuites permettant d'engager des actions au plus vite que ceci offrirait, on évitera de tirer plusieurs BT pour la même fuite comme cela se fait.

- Organisation des interventions des équipes sur le terrain

Les zones d'intervention des différentes équipes doivent être bien définies. Cela offre plusieurs avantages. Premièrement, certaines fuites ne perdureront pas parce que la réparation est jugée difficile ; l'équipe chargée de la zone ne pourra pas éviter le BT. Deuxièmement, cela créera un effet psychologique sur les équipes qui prendront conscience de la nécessité de bien effectuer les travaux au risque de revenir sur les mêmes fuites. Cet effet engagera aussi une recherche active des fuites ; chaque équipe voulant être la meilleure et avoir une zone sans fuite. Enfin, le fait de se tabler sur une section particulière donne une expérience de la zone pouvant mener à la longue à une meilleure connaissance des causes de fuites dans cette partie par les équipes elles-mêmes.

L'organisation des équipes doit tenir compte des zones de prédominance des fuites.

- Ajout d'informations sur les BT

Particulièrement pour les fuites au compteur, le BT doit indiquer à quel moment (matin, midi, soir, nuit ou à tout moment) le domicile du client est accessible afin d'éviter les nombreux déplacements inutilement exténuant, décourageant et coûteux. S'inscrivant dans la même optique pour les fuites au compteur, le standardiste doit bien s'assurer que ce n'est point une fuite sur prolongement qui est signalée comme fuite au compteur car après le regard, les réparations sont du ressort des clients.

Le BT doit aussi comporter une petite partie "Remarques" où les chefs d'équipe mettront les renseignements nécessaires sur les fuites nécessitant des actions particulières après la réparation. Par exemple si le branchement est à nu, s'il ya la nécessité de faire une reprise, de changer une pièce...

- Visa des travaux effectués

A la descente de chaque équipe, les BT doivent être visés par le chef de maintenance surtout pour les équipes du jour. Cela permettra à celui-ci de savoir ce qui s'est passé sur le terrain et de prendre les décisions qui s'y éminent.

CHAPITRE VII : CONCLUSION

Au terme du trimestre consacré à cette étude, plusieurs causes de fuites d'eau sur les branchements ont été identifiées. L'hypothèse émise lors des excursions sur le terrain quant à la répétitivité des fuites gonflant les instances a été confirmée par le traitement des données recueillies.

Par contre certaines hypothèses comme le lien entre les travaux de coupure et les fuites au compteur notamment restent à confirmer. Une hypothèse sur les coups de bélier pourra être prouvée ou niée en établissant les équations qui conviennent. Aussi la mise au point d'une technique de réparation simple, efficace et peu dispendieuse du PEHD nécessite-elle d'être prise avec considération. Celle-ci garantira, en effet, la suppression de cette répétitivité.

L'ensemble des solutions proposées et gravitant essentiellement autour des reprises de branchement permettra de réduire le nombre de fuite de manière fort sensible.

Cette étude aura été bénéfique puisqu'elle a permis de se confronter aux dures réalités du terrain, d'améliorer notre organisation personnelle et d'étoffer nos connaissances en matière d'adduction d'eau potable.

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages et articles

Guide pour la réduction des pertes en eau, GIZ, VAG, 252p

Hélène ZIDA/BANGRE. Décembre 2009, Monographie de la commune urbaine de BOBO-DIOULASSO. INSD, 107p

Michel N'GUESSAN, 2011, contribution à l'amélioration des performances du réseau d'AEP de la ville de Bobo-Dioulasso, 66p

ONEA, 2014, Flash Info N°2, Mars 2014

Payibém ILBOUDO, 2013, contribution à l'amélioration des performances de réseau d'AEP de la zone de distribution 05 de Bobo-Dioulasso, 69p

Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène et Polypropylène (STRP), 2009, Assemblage par électro soudage, 7p

Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène et Polypropylène (STRP), 2009, Assemblage par soudage bout-à-bout, 7p

Sites internet

<http://www.espace-bricolage.com/article12.html> (23/06/14)

http://documentation.2ie-edu.org/cdi2ie/opac_css/index.php?lvl=more_results (Juin 2014)

<http://www.strpe.org/index.php?page=electrosoudage> (AOUT 2014)

ANNEXES

Sommaire des annexes

Annexe 1 : Exemple de BT exécuté	35
Annexe 2 : Organigramme de la DRB et du service réseau.....	36
Annexe 3 : Fiche de suivi des travaux de réparation des fuites sur le terrain.....	37
Annexe 4 : Fiche de suivi des travaux d'exécution des branchements.....	39
Annexe 5 : Fiche de suivi des travaux de coupure.....	40
Annexe 6 : Datalogger installé pour l'enregistrement de la pression dans le réseau et joints fibres.....	41
Annexe 7 : Représentations graphiques des mesures de pression.....	42
Annexe 8 : Technique d'assemblage par électro-soudage (extrait du manuel du Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène STRP France).....	45
Annexe 9 : Technique d'assemblage par électro-soudage (extrait du manuel du Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène STRP France).....	54

Annexe 1 : Exemple de BT exécuté

BON DE TRAVAIL POUR DEMANDE DE DEPANNAGE N°: 0202460714

DATE ET LIEU DE NOTIFICATION: 06/07/2014 13:02:00 A L'AGENCE: CENTRALE

MOTIF DE LA DEMANDE: FUIITE SUR COMPTEUR

REPERAGE CADASTRAL: SECTEUR: 20 SECTION: ME20

REPERAGE GEOGRAPHIQUE(ONEA): TOURNEE: 21

REPERAGE URBAIN(PDU): RUE: ---

LIEU REMARQUABLE: OUEDRAOGO

DEMANDE EXPRIMEE PAR: PALE ARISTIDE

DEMANDE ETABLIE PAR: ---

DEMANDE TRANSMISE A L'EQUIPE: 1 A LA DATE DU: 06/07/2014 13:02:57

Imprimé le 06/07/2014 13:03:01 par aristi

LOT/ PARCELLE: 26 / 05

RUE ONEA: ---

PORTE: ---

ADRESSE: 70 15 02 37

ADRESSE: ---

PAR: Par téléphone cellulaire

Code	Désignation	Quantité
	joint 405	02

Main d'oeuvre occasionnelle utilisée (Exécution de fouilles)

N°CTB	Nom-prénoms	Quantité	Signature

Diamètre Organe hydraulique

DN 15	DN 20	DN 25	DN 30	DN 32	DN 40	DN 50	DN 60	DN 63	DN 75	DN 80	DN 90	DN 100	DN 110	DN 150	DN 160	DN 200	DN 250	DN 300	DN 315	DN 350	DN 400	DN 450	DN 500	DN 600	DN 800	DN 1000
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																									

Type Organe hydraulique

Compteur Vanne Matériau Organe hydraulique

Branchement Ventouse Conduite Autre

PVC Fonte PEHD PE galva

WateSoft 1.0

Office National de l'Eau et de l'Assainissement

DIRECTION REGIONALE DE BOBO

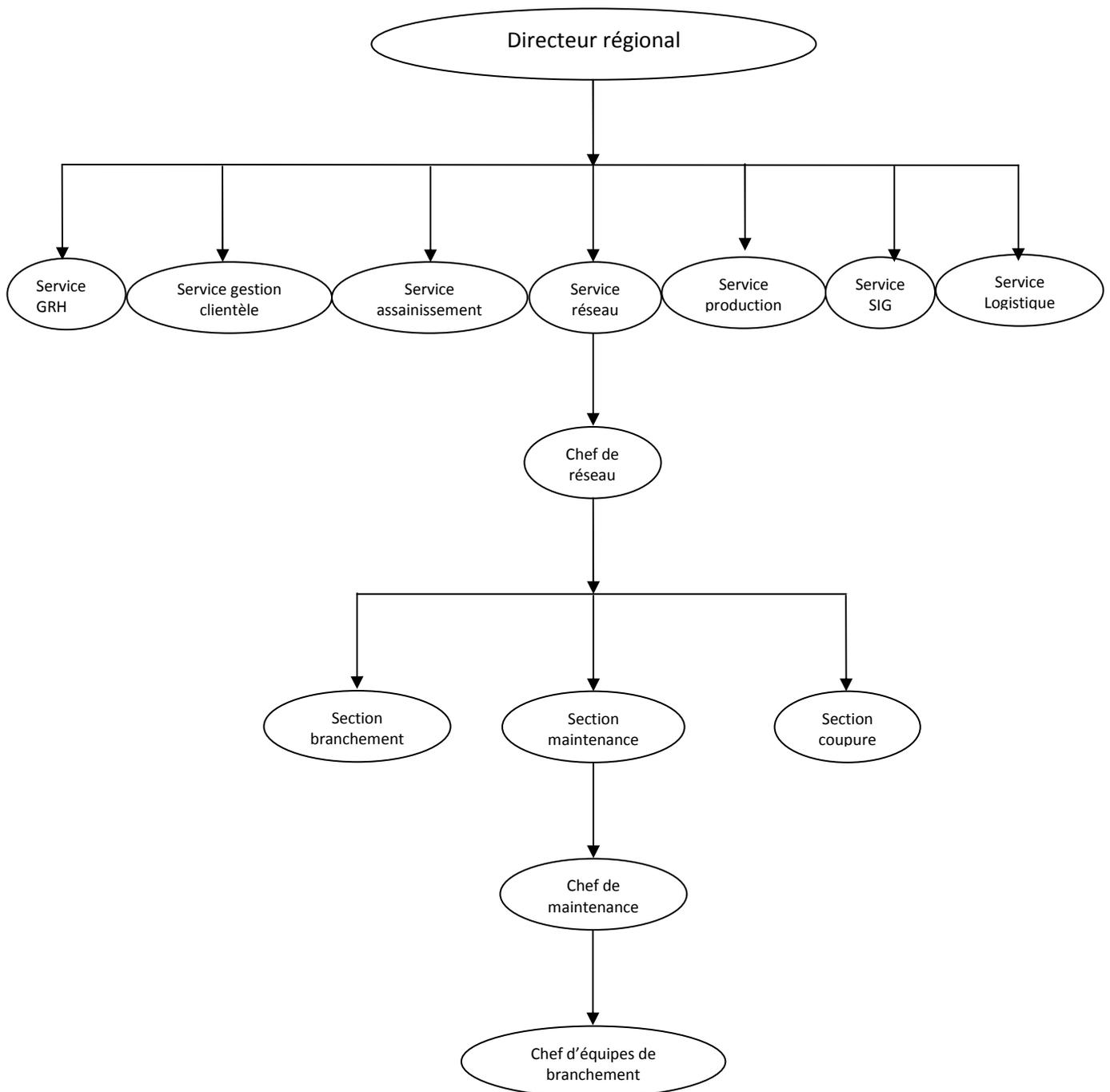
CENTRE DE BOBO

Défaillance réparée: Provoquée Naturelle Technique Hors-normes Hydraulique

Equipe d'intervention: Vétusté Date et heure de début: 07/07/2014 Date et heure de fin: 15/07/2014

Localisation intervention: Secteur/section/lot/parcelle: 1 / 1 / 1

Annexe 2 : Organigramme de la DRB et du service réseau



Annexe 3 : Fiche de suivi des travaux de réparation des fuites sur le terrain

NB : Ce questionnaire est réalisé dans le but de mieux décrire l'environnement des fuites et des causes probables de leur apparition.

Fiche suivi de la réparation de fuite N°.....

Date :

Date :	Heure de départ	Heure d'arrêt des travaux	N° équipe	Nbre manœuvres	Nbre de BT au départ

Temps (heure) de préparation avant le début des travaux de réparation

Répartition des BT		Personnel d'appui		Matériel Prélèvt_chargemt..		Observations (établissement de parcourt ?)
Déb	fin	Déb	fin	Déb	fin	

Renseignement sur les fuites signalées et réparées

N° BT	Secteur	Section	Lot	Parcelle	H. début réparation	H. fin réparation

Description de l'environnement de la fuite

Localiser la fuite sur le réseau	Localiser la fuite sur le terrain	Profondeur d'installation	Activité autour de la fuite	Facilité d'accès à la fuite	Observations (suintement, écoulement à gueule bée...)

Faciliter à retrouver la fuite suivant les renseignements données par la population et consignées dans les BT

Comment a-t-on retrouvé la fuite

Facilement	Difficilement	Très difficilement

Décrire le matériel utilisé pour la réparation :

Désignation	Unité	Quantité

Observations générales sur le matériel utilisé :

--

Description des causes probables d'apparition de la fuite

Cas	Description (comment se présente la fuite ? A quoi est-elle due selon vous ?)
Renseignements auprès des riverains	
Depuis combien de temps vous avez appelé ?	
Combien de fois vous avez appelé pour la même fuite ?	
Quelle appréciation avez-vous de l'intervention des équipes de l'ONEA (quel est votre ressenti) ?	
Renseignements donnés par le plombier chef d'équipe	
Observations visuelle de l'étendue de la fuite et des causes possibles	

Difficultés rencontrées lors des travaux

(Décrire sommairement les difficultés liées à la réalisation des travaux de réparation)

--

Autre commentaires nécessaires à l'appréciation des causes des fuites ou de la qualité du matériel ou de la qualité du service rendu...

--

Le stagiaire :

Annexe 4 : Fiche de suivi des travaux d'exécution des branchements

NB : Ce questionnaire est réalisé dans le but de vérifier les conditions d'exécutions des branchements des abonnés.

Fiche suivi de branchement N°.....

Date :

Date :	Heure de départ	Heure d'arrêt des travaux	Nbre manœuvres	Nbre de devis au départ

Renseignement sur le branchement exécuté

N° devis	Secteur	Section	Lot	Parcelle	Nom et Prénom (s) du client	Contact (facultatif)
Date de paiement :Date de pose du compteur : Exécutant :						

Description de l'environnement des travaux de branchement

Diamètre de conduite	Profondeur de pose	Profondeur de conduite sur laquelle le branchement a lieu	Observations (nature du terrain traversé...)

Décrire le matériel utilisé pour le branchement:

Désignation	Unité	Quantité
Observations générales sur le matériel utilisé :		

Autre commentaires nécessaires à l'appréciation des causes des fuites ou de la qualité du matériel ou de la qualité du service rendu...

Le stagiaire :

Annexe 5 : Fiche de suivi des travaux de coupure

Tâche réalisée			
Coupure		Rétablissement	
Fermeture robinet inviolable		Ouverture robinet inviolable	
Fermeture avec bouchon		Ouverture en enlevant le bouchon	
Dépose du compteur		Repose du compteur	

Observations durant les travaux

Observations après les travaux

Le Stagiaire :

Annexe 6 : Datalogger installé pour l'enregistrement de la pression dans le réseau et joints fibres



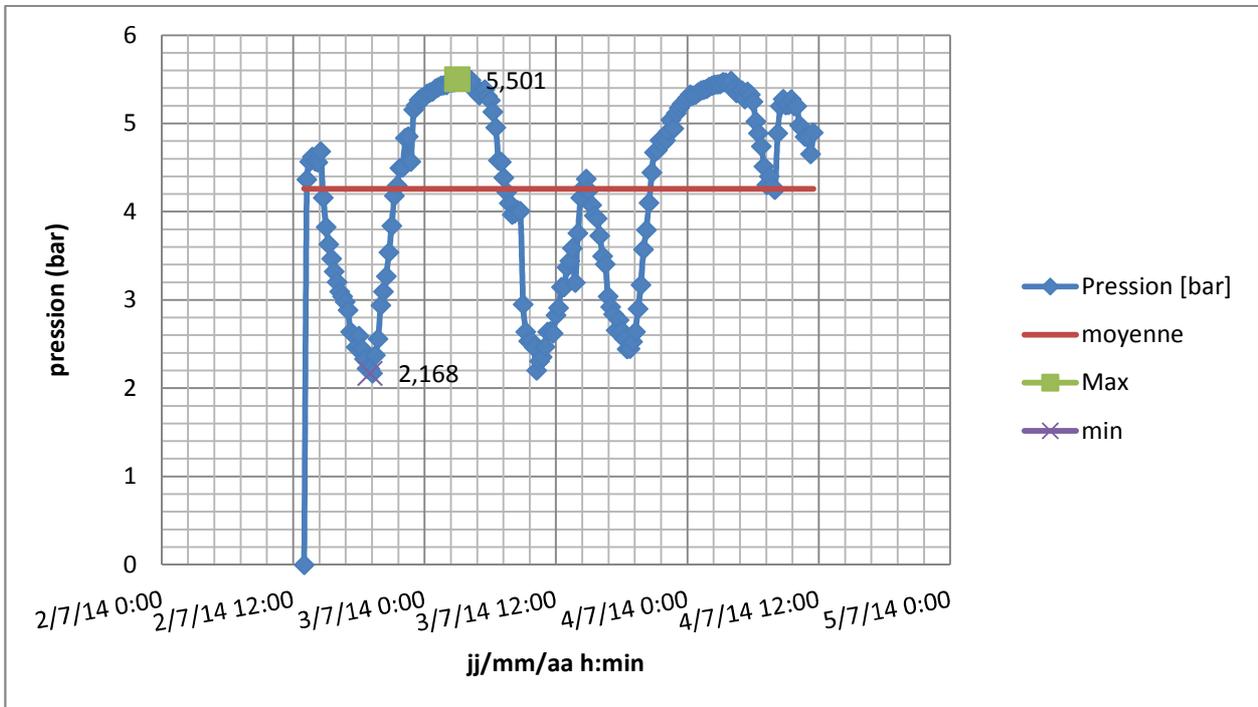
Datalogger



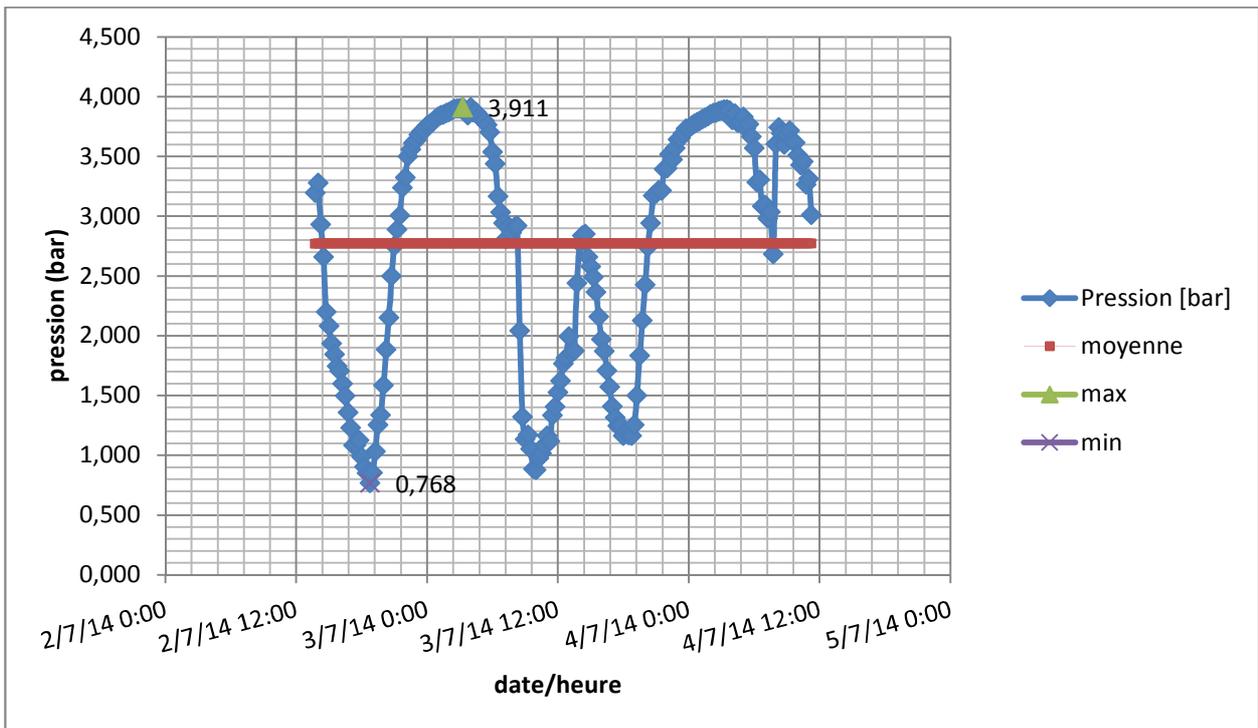
Joints fibres

Annexe 7 : Représentations graphiques des mesures de pression

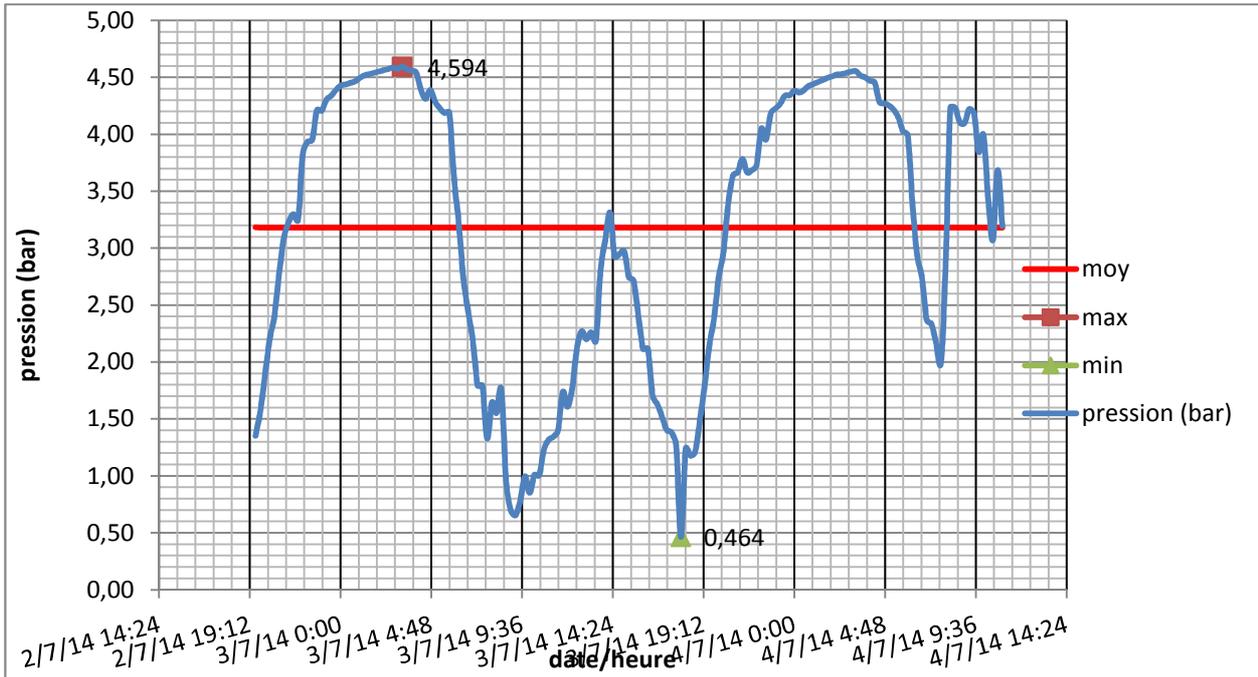
- Mesure faite à la section AV24, lot 20, parcelle 04



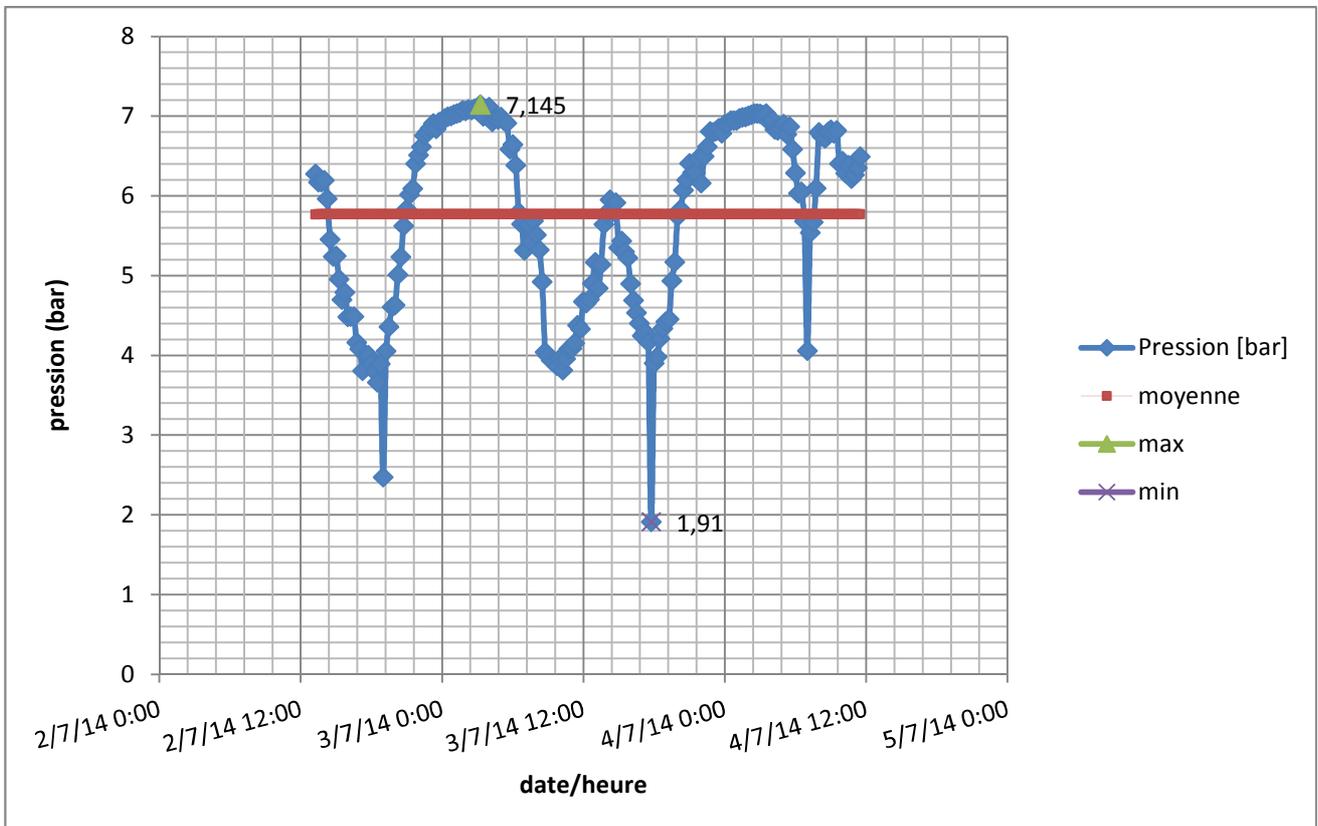
- Mesure faite à la section BH24, lot 25, parcelle 06



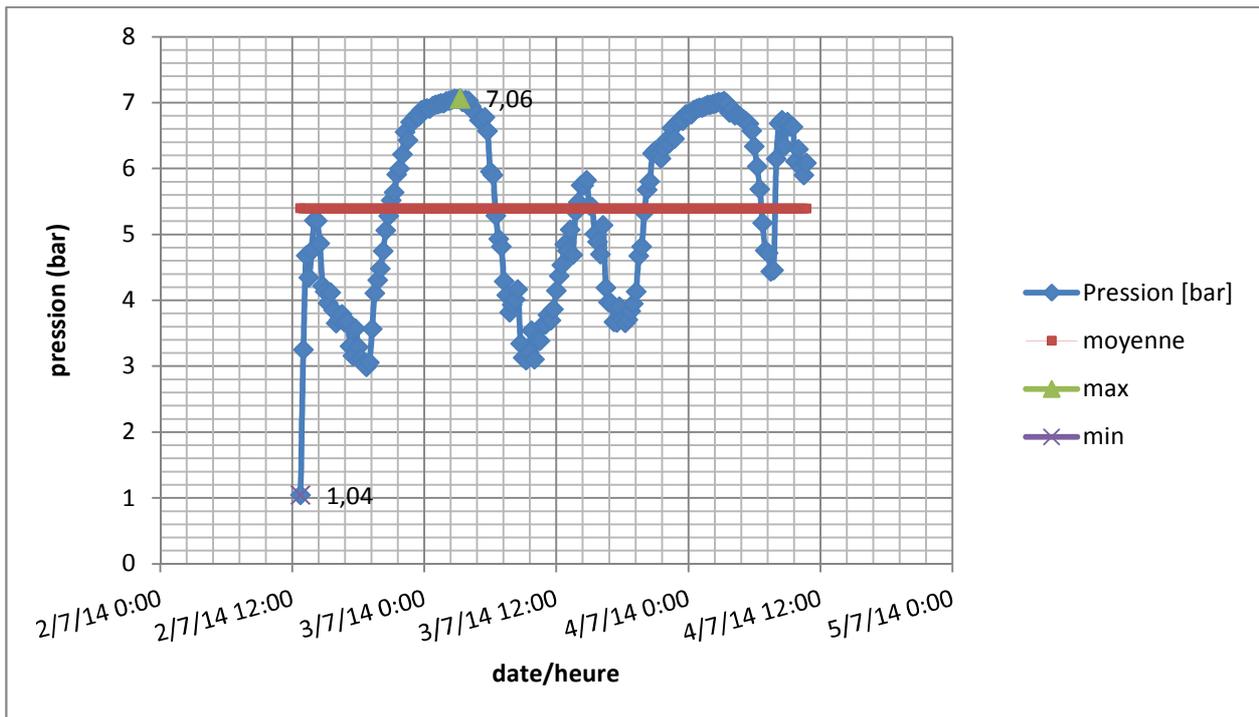
- Mesure faite à la section BN15, lot 3311, parcelle 08



- Mesure faite à la section BP24, lot 17, parcelle 07



- Mesure faite à la section CI15, lot 3174, parcelle 11



Annexe 8 : Technique d'assemblage par électro-soudage (extrait du manuel du Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène STRP France)

1 - ELECTROSOUDAGE

Cette technique consiste à réaliser des assemblages au moyen de raccords électrosoudables. Une résistance électrique a été intégrée aux raccords lors de la fabrication. Après avoir réalisé un montage dans les règles de l'art, la résistance électrique du raccord est connectée à une source d'énergie. Lors du soudage, la dissipation, par effet Joule, de la puissance électrique provoque une fusion de surface des deux pièces assemblées, assurant grâce à un mélange intime des deux polyéthylènes une cohésion et une étanchéité parfaites.

1.1 Équipements

L'électrosoudage est une technique simple et efficace ; elle nécessite l'utilisation de matériels spécifiques, pour assurer la qualité de l'assemblage.

- **Désovalisateur** : cet outil permet de corriger l'ovalisation du tube dans la zone de soudage.
- **Outil de grattage** : Il permet de gratter la surface de la pièce à raccorder (tube, sortie lisse d'un raccord), sur toute la surface où s'effectuera la soudure. L'outil doit être approprié pour enlever des copeaux et donner une profondeur de grattage de l'ordre de 0,15 mm sur toute la surface grattée, afin d'obtenir une surface propre et non oxydée.
- **Coupe tube** : cet outil doit permettre une coupe perpendiculaire à l'axe du tube sans l'écraser au cours de la coupe (l'utilisation d'une scie est à proscrire).
- **Positionneurs et positionneurs-redresseurs** : ces outils permettent, pour tous types de raccords d'aligner les pièces et les tubes, de supprimer les courbes résiduelles pour les tubes en couronne ou en touret, de supprimer les non-alignements, les contraintes dans la zone de soudage et les mouvements intempestifs pendant les temps de soudage et de refroidissement de l'assemblage. Ceci est une exigence capitale pour garantir la qualité de l'assemblage.



- **Automate de soudage** : l'automate de soudage doit être capable, à partir d'une alimentation électrique (secteur ou groupe électrogène), de fournir une énergie régulée définie par le fabricant de la pièce à souder. La programmation du soudage peut être réalisée par lecture d'un code à barres ou d'une carte magnétique contenant les informations nécessaires à la réalisation du soudage, ou par un mode automatique propre au fabricant du raccord ou par une entrée manuelle des paramètres de soudure.
- **Groupe électrogène** : il doit être choisi pour délivrer la puissance requise pour toute la gamme des raccords (5 kVA mini). Certains groupes électrogènes, à régulation électronique, ne sont pas compatibles avec les automates de soudage. D'autres, dont l'alimentation électrique produite n'est pas suffisamment stabilisée, peuvent mettre les automates « en défaut » et interrompre la soudure. Si une rallonge électrique doit être utilisée entre l'automate de soudage et le groupe électrogène, sa longueur ne devra pas dépasser 25 m, pour une section de 2,5 mm² par conducteur. Le groupe électrogène doit être démarré avant de brancher l'automate de soudage.
- **Produits de nettoyage** : les surfaces à souder devront être impérativement nettoyées avec un tissu de coton blanc, propre, non pelucheux, imbibé d'un solvant dégraissant préconisé par le fabricant et autorisé d'emploi par la réglementation en vigueur. Le produit dégraissant doit être conservé dans son emballage d'origine. Certains fabricants proposent des serviettes pré-imprégnées de solvant en conditionnement individuel.
- **Crayons marqueurs** : à marquage permanent compatible avec le PE.
- **Mètres** : pour mesurer les longueurs d'emboîtement.
- **Équerres** : afin de s'assurer que les coupes sont bien perpendiculaires à l'axe du tube.

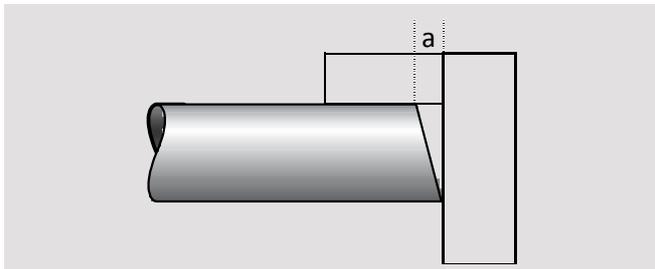
1.2 Procédure de mise en œuvre de deux tubes en couronne ou touret par manchons électrosoudables

a) Mise en œuvre

La fouille au droit du raccordement doit être suffisamment dimensionnée pour installer puis utiliser au mieux le positionneur-redresseur. En cas de mauvais temps (pluie), les opérations de mise en œuvre du PE doivent toujours être effectuées avec une protection (tente, bâche ou parapluie). Toute trace d'humidité dans la zone de soudage entraînerait une mauvaise qualité de soudure (bulles ou effet de collage). Mettre en place le positionneur-redresseur. Marquer et couper le premier tube à la longueur désirée en veillant à effectuer une coupe perpendiculaire à l'axe du tube. La tolérance maximum d'une coupe biaisée doit être conforme aux valeurs indiquées dans le tableau ci-après.

Tolérance maximum d'une coupe braise

∅ ext. (mm)	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	160
a (mm)	2	2	2	2	2	3	3	4	5	6	7



Placer ce tube dans le positionneur. Présenter le deuxième tube en suivant a même procédure que pour le premier. Gratter ensuite régulièrement toutes les surfaces à souder des tubes (une longueur de manchon sur le premier tube et une demi longueur de manchon sur le deuxième tube). L'utilisation de papier de verre, toile émeri, lime, couteau, cutter est interdite. Dans le cas d'utilisation de pièces PE comportant des parties mâles lisses, même conditionnées en sachet, le grattage de ces parties est obligatoire.



Après grattage, éliminer les copeaux sur les arêtes intérieures et extérieures des tubes ou pièces mâles lisses. Remettre les tubes au rond avec un appareil approprié.

Nettoyer les tubes avec un solvant dégraissant adapté et un tissu de coton blanc propre ou bien avec une serviette de dégraissage spéciale. Attendre l'évaporation complète du solvant.

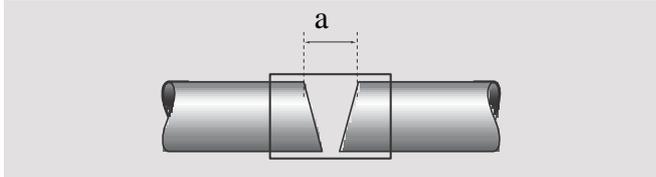
Marquer sur chaque extrémité des tubes, de façon précise, la longueur du demi-manchon (emboîture) avec un crayon ou un marqueur PE. Prendre le manchon (toujours dans son emballage d'origine) et en nettoyer l'intérieur avec le solvant dégraissant ou la serviette spéciale.

Attendre l'évaporation complète du solvant. Placer le deuxième tube dans le positionneur. Emboîter entièrement le manchon sur le tube qui a été gratté sur une longueur de manchon. Redresser et aligner les tubes à l'aide du positionneur.

L'espace résiduel entre les 2 faces de tubes doit être le plus réduit possible et au maximum de :

Jeu maximum entre deux tubes

∅ ext. (mm)	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	160
a (mm)	4	4	4	4	4	7	7	9	11	13	16



Nota : dans le cas du raccordement d'un tube avec une pièce de forme mâle lisse la valeur de la tolérance est celle du tableau divisée par 2.

Faire coulisser le manchon sur le deuxième tube jusqu'à ce qu'il se trouve bien centré entre les 2 marques. Dans cette position, le centre du manchon se trouve alors à l'interface des 2 tubes.

b) Soudage

Dans le cas de l'utilisation d'un groupe électrogène pour l'alimentation de l'automate de soudage, vérifier la tension délivrée par le groupe avant le raccordement électrique de l'automate.

Si l'utilisation d'une rallonge électrique est nécessaire, la dérouler complètement.

Respecter la longueur correcte pour la section de cette rallonge (ne pas dépasser 25 m avec un câble 3 x 2,5 mm²). Suivre scrupuleusement les instructions affichées par l'automate de soudage.

Connecter le manchon aux câbles secondaires de l'automate. En soudage en mode code à barres ou carte magnétique, lire les données de soudage pour la programmation de l'automate (attention : seul le code ou la carte de l'accessoire doit être utilisé).

Dans le cas d'une utilisation en mode automatique, respecter la procédure affichée par l'automate et les instructions fournies par le fabricant du manchon.

Vérifier le bon déroulement du cycle de soudage jusqu'à son terme.

Observer les indicateurs de fusion du manchon et faire une marque pour visualiser leur activation. Indiquer sur le tube, l'heure prévue de fin de refroidissement de l'assemblage autorisant le démontage du positionneur. Le temps de refroidissement est défini par le fabricant du manchon. A l'heure indiquée, démonter le positionneur.

On peut procéder aux essais d'étanchéité à l'air ou à l'eau suivant le fluide à véhiculer seulement quand les assemblages sont revenus à température ambiante.



Après avoir vérifié l'étanchéité avec un produit moussant, il est obligatoire de rincer à l'eau claire les parties concernées et de bien les essuyer. En soudage en mode manuel, suivre les instructions de soudage fournies avec le manchon. Veiller à l'affichage des bons paramètres et à la correction éventuelle du temps de soudage en fonction de la température superficielle du tube.

1.3 Procédure de mise en oeuvre de tubes en longueurs droites par manchons électrosoudables

a) Mise en oeuvre

La fouille au droit du raccordement doit être suffisamment dimensionnée pour installer puis utiliser au mieux le positionneur.

En cas de mauvais temps (pluie), les opérations de mise en oeuvre du PE doivent toujours être effectuées avec une protection (tente, bâche ou parapluie) ; toute trace d'humidité entraînerait une mauvaise qualité de soudure (bulles, effets de collage).

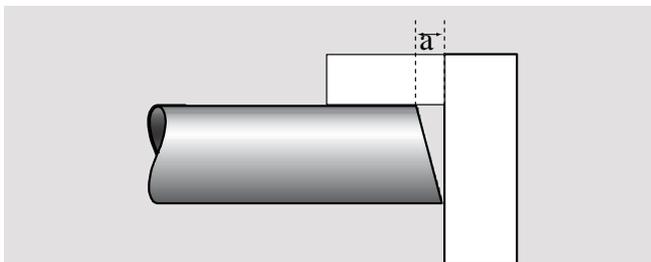
Mettre en place le positionneur.

Marquer et couper le premier tube à la longueur désirée en veillant à effectuer une coupe perpendiculaire à l'axe du tube.

La tolérance maximum d'une coupe biaise doit être conforme aux valeurs indiquées dans le tableau ci- après.

Tolérance maximum d'une coupe biaise

∅ ext. (mm)	20	25	32	40	50	63	75	90	110	125	160	180	200&+
a (mm)	4	4	4	4	4	7	7	9	11	13	16	7	8



Présenter le deuxième tube en suivant la même procédure que pour le premier.

Gratter ensuite régulièrement toutes les surfaces à souder des tubes (une longueur de manchon sur le premier tube et une demi longueur de manchon sur le deuxième tube).

L'utilisation de papier de verre, toile émeri, lime, couteau, cutter est interdite.

Dans le cas d'utilisation de pièces PE comportant des parties mâles lisses, même conditionnées en sachet, le grattage de ces parties est obligatoire.

Après grattage, éliminer les copeaux sur les arêtes intérieures et extérieures des tubes ou pièces mâles lisses.

Vérifier l'ovalisation des tubes ; en cas d'ovalisation excessive remettre les tubes au rond avec un appareil approprié.

Nettoyer les tubes avec un solvant dégraissant adapté et un tissu de coton blanc propre ou bien avec une serviette de dégraissage spéciale. Attendre l'évaporation complète du solvant. Marquer sur chaque extrémité des tubes de façon précise la longueur du demi-manchon (emboîture) avec un crayon ou un marqueur PE. Prendre le

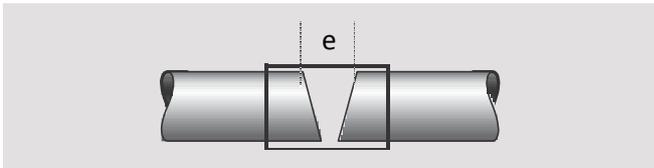
manchon (toujours dans son emballage d'origine) et en nettoyer l'intérieur avec le solvant dégraissant ou la serviette spéciale.

Attendre l'évaporation complète du solvant. Placer le deuxième tube dans le positionneur. Emboîter entièrement le manchon sur le tube qui a été gratté sur une longueur de manchon.

Aligner les tubes à l'aide du positionneur. L'espace résiduel entre les 2 faces de tubes doit être le plus réduit possible et au maximum de :

Jeu maximum entre deux tubes

∅ ext. (mm)	20	25	32	40	63	90	110	125	160	180	200 &+
e (mm)	4	4	4	4	7	9	11	13	16	16	20



Nota : dans le cas du raccordement d'un tube avec une pièce de forme mâle lisse la valeur de la tolérance est celle du tableau divisée par 2.

Faire coulisser le manchon sur le deuxième tube jusqu'à ce qu'il se trouve bien centré entre les 2 marques.

Dans cette position, le centre du manchon se trouve alors à l'interface des 2 tubes. Il existe des manchons comportant une butée centrale.

Pour la mise en œuvre après préparation procéder comme suit :

- placer le manchon en butée sur le premier tube,
- emboîter ensuite le deuxième tube dans le manchon jusqu'à la butée.

Dans le cas de diamètres importants entraînant quelques difficultés d'installation des tubes du fait de leur poids, il faut :

- éviter d'endommager les résistances lors de l'emboîtement du tube dans le manchon,
- s'assurer d'un bon alignement du tube et du manchon.

b) - Soudage

Dans le cas d'utilisation d'un groupe électrogène pour l'alimentation de l'automate de soudage, vérifier la tension délivrée par le groupe avant le raccordement électrique de l'automate.

Si l'utilisation d'une rallonge électrique est nécessaire, la dérouler complètement ; respecter la longueur correcte pour la section de cette rallonge (ne pas dépasser 25 m avec un câble 3 x 2,5 mm²).

Suivre scrupuleusement les instructions affichées par l'automate de soudage. Connecter le manchon aux câbles secondaires de l'automate.

En soudage, en mode code à barres ou carte magnétique, lire les données de soudage pour la programmation de l'automate (attention : seul le code ou la carte de l'accessoire à souder doit être utilisée).

Dans le cas d'une utilisation en mode automatique, respecter la procédure affichée par l'automate et les instructions fournies par le fabricant du manchon.

Vérifier le bon déroulement du cycle de soudage jusqu'à son terme. Observer les indicateurs de fusion du manchon. Indiquer sur le tube, l'heure prévue de fin de refroidissement de l'assemblage autorisant le démontage du positionneur.

Le temps de refroidissement est défini par le fabricant du manchon.

A l'heure indiquée, démonter le positionneur.

On peut procéder aux essais d'étanchéité à l'air ou à l'eau suivant le fluide à véhiculer, seulement quand les assemblages sont revenus à température ambiante. Après avoir vérifié l'étanchéité avec un produit moussant, il est obligatoire de rincer à l'eau claire les parties concernées et de bien les essuyer.

Nota ; en soudage en mode manuel, suivre les instructions de soudage fournies avec le manchon. Veiller à l'affichage des bons paramètres et à la correction éventuelle du temps de soudage en fonction de la température superficielle du tube.

1.4 Mise en œuvre de raccords de dérivation

Il existe également toute une gamme de raccords de formes diverses qui permet d'assurer les changements de direction, les différences de diamètres, ainsi que les dérivations.

a) - Types de raccords Principe :

Le raccordement de deux tubes de diamètres différents, que ce soit en ligne ou en angle, ou les changements de direction peuvent se concevoir selon deux principes :

1. Utilisation de pièces de forme (à bouts lisses mâles) et de manchons électrosoudables.
2. Utilisation de pièces électrosoudables « monoblocs ».

Pièces de forme à bouts lisses mâles

Ce sont des coudes à différentes angulations, des tés, des réductions, des bouchons ou des collets qui sont assemblés entre eux ou avec le tube par l'intermédiaire de manchons électrosoudables.

La préparation des pièces de forme est identique à celle des tubes (voir « Procédure de mise en œuvre de deux tubes en couronne ou touret par manchons électrosoudables ». Paragraphe « Mise en œuvre »).

La procédure de soudage des manchons doit être appliquée (voir « Procédure de mise en œuvre de deux tubes en couronne ou touret par manchons électrosoudables ». Paragraphe « Soudage »).

Pièces électrosoudables « monoblocs »

Ce sont des raccords dont les emboîtures femelles sont électrosoudables. Leur préparation comme leur mise en œuvre s'effectuent de la même manière que pour les manchons (voir « Procédure de mise en œuvre de deux tubes en couronne ou touret par manchons électrosoudables ». Paragraphe « Soudage »).

Selles de dérivation

Ce sont des pièces qui permettent de réaliser une dérivation, directement à partir de la canalisation en Polyéthylène.



Elles se posent sur la canalisation principale. Le serrage est réalisé de façon autonome ou avec l'aide d'un positionneur. Elles sont équipées d'un fil de résistance intégré à la périphérie de la zone de perçage. Cette technique de dérivation permet de garantir l'étanchéité même en cas de légers mouvements des canalisations.

Selon que la canalisation est sous pression ou non, il convient de distinguer :

- les prises de branchement en charge

Ce sont des selles de dérivation électrosoudables pourvues d'un perforateur intégré. Elles permettent le branchement en charge sur la canalisation d'alimentation.

Le raccordement au tube de dérivation se fait par l'intermédiaire d'un manchon électrosoudable.

- les selles simples

Ce sont les pièces suivantes :

- colliers ou selles de ballonnement,
- colliers ou selles de dérivation à passage intégral,
- colliers et selles de renfort,
- etc.

Ces selles, une fois soudées sur le tube et après le percement hors charge de celui-ci, assurent au besoin la jonction avec la canalisation par l'intermédiaire d'un manchon.

b) - Procédure de mise en œuvre des selles ou des prises de branchement

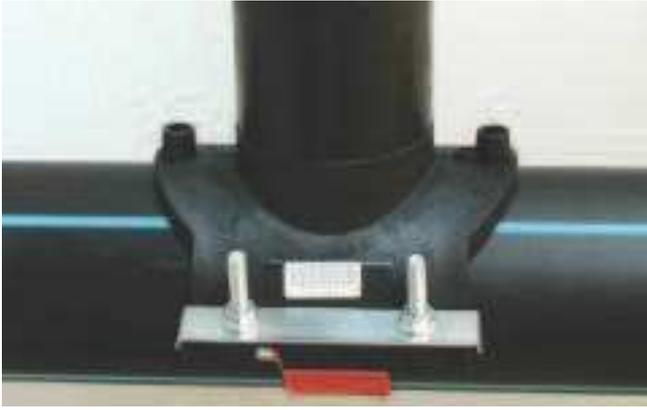
Prévoir un dégagement sous le tube PE permettant la mise en place de la selle inférieure, ou d'un positionneur.

Présenter la prise sur le tube à l'emplacement prévu, tracer le pourtour de la prise avec un crayon ou un marqueur.

Gratter régulièrement toute la surface à souder qui a été marquée, déborder de 1 à 2 centimètres tout autour.

Dégraissage - soudage - refroidissement et essais :

Mêmes précautions que pour le manchon.



A l'issue du temps de refroidissement, percer le tube à l'aide du perforateur intégré manœuvrable avec l'outillage spécifique de la marque de la prise. Remonter le perforateur en position haute.

Visser le bouchon.

Le montage de la pièce est effectué conformément aux indications du fabricant

Annexe 9 : Technique d'assemblage par soudage bout-à-bout (extrait du manuel du Syndicat des Tubes et Raccords en Polyéthylène STRP France)

1 - SOUDAGE BOUT-À-BOUT

Le soudage bout-à-bout par élément chauffant est utilisé pour assembler les tubes et raccords en PE d'épaisseurs identiques et d'indices de fluidité compatibles entre eux.

Ce procédé consiste à porter à la température de soudage, par un élément chauffant (miroir), les extrémités des tubes et/ou raccords.

Après escamotage de cet outil, les extrémités plastifiées sont mises en contact et sont maintenues en pression l'une contre l'autre pendant le cycle complet de refroidissement. Une bonne soudure bout-à-bout, exécutée dans les règles de l'art reconstitue parfaitement la continuité de la canalisation avec une résistance mécanique identique.



1.1 Équipement / Outillage

Il est généralement constitué de :

- un châssis équipé de mâchoires destinées à maintenir en position les éléments à souder,
- une pompe hydraulique permettant le déplacement des mâchoires,
- un miroir chauffant thermorégulé,
- un outil pour couper le tube,
- un outil pour dresser les surfaces (rabot),
- un générateur électrique,
- des galets de roulement pour le tube,
- une tente protectrice destinée à protéger des mauvaises conditions atmosphériques.

1.2 Procédure

Exigences générales

Le document de référence concernant le soudage par élément chauffant des tubes et raccords en PE est la Norme ISO 12176-1.

La qualité des assemblages soudés dépend de l'aptitude des matières PE à se souder entre elles. Pour cela, elles doivent avoir des indices de fluidité MFI 5 dans la fourchette 0,2 à 1,3 g/10 min et être compatibles.

Cette qualité dépend aussi de la qualification des soudeurs, de l'adéquation des machines et des dispositifs utilisés, ainsi que du respect des directives de soudage.

a) - Préparation de la machine

- Brancher le miroir de soudage, température réglée à $210^{\circ}\text{C} \pm 10$.
- Equiper le châssis de mâchoires, correspondant au diamètre des tubes à souder, sur l'appareil de base.
- Fixer les tronçons de tubes dans les mâchoires, en laissant dépasser 30 mm à 40 mm, côté assemblage.

b) - Préparation des soudures

Les tubes ou les éléments de canalisations à assembler doivent être parfaitement coaxiaux dans les appareils de soudage. Il convient de prendre les mesures appropriées pour que les éléments à raccorder gardent leur mobilité dans le sens longitudinal (par exemple : galets de guidage ou dispositif de suspension).

Les tubes et éléments de canalisations doivent être fixés de telle sorte que les surfaces coïncident. L'écart de géométrie doit être éliminé à l'aide de colliers de serrage ; en cas d'impossibilité, il est nécessaire de sectionner le tronçon défectueux.

Les extrémités des tubes ou des éléments de canalisations à souder doivent être rabotées immédiatement avant le soudage, de telle sorte qu'elles soient parfaitement parallèles et débarrassées de la couche d'oxydation



Après avoir passé le rabot, enlever les copeaux éventuellement tombés à l'intérieur des tubes.

Les surfaces usinées doivent être parfaitement propres ; tout contact avec les mains est à proscrire



Il est en effet impératif de procéder au nettoyage intérieur et extérieur du tube avant le soudage à l'aide d'un solvant dégraissant adapté ou des lingettes pré-imprégnées.

Le désaxage des extrémités des tubes ne doit pas dépasser 1/10ème de leur épaisseur.

c) Réalisation du soudage

Pour réaliser une soudure bout-à-bout, les surfaces à assembler sont portées à la température de soudage au moyen d'un élément chauffant. Les extrémités du tube ainsi ramollies sont assemblées sous pression, après retrait de l'élément chauffant.

La température de l'élément chauffant pendant le soudage est comprise entre 200°C et 220°C. Dans cette plage, plus l'épaisseur des tubes est importante, plus la température de soudage est faible. Chaque fabricant de matière a développé pour les tubes de grande épaisseur des conditions spécifiques du soudage bout-à-bout.

L'utilisateur devra donc se rapprocher de son fournisseur de tubes pour définir la procédure à adopter.

La soudure est réalisée en respectant les étapes du schéma ci-après. Toutes les valeurs utilisées doivent être reportées dans le rapport de soudage.

Un cycle de soudage comprend 5 phases :

Préchauffage - Égalisation

Rapprocher les surfaces à souder contre le miroir chauffant, jusqu'à ce qu'elles soient en contact avec celui-ci et parfaitement parallèles. Il se forme alors deux bourrelets périphériques.

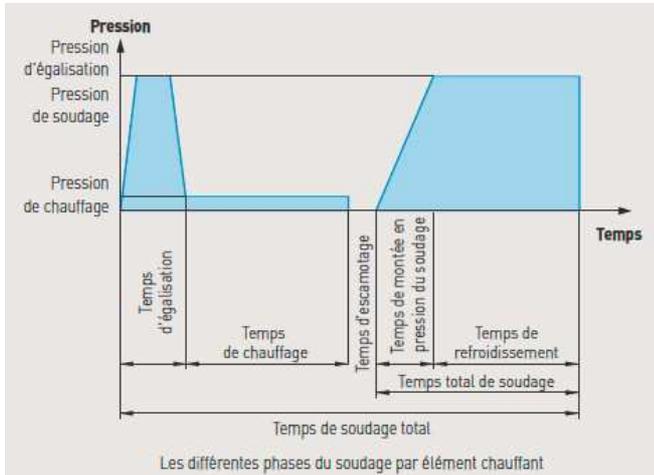
La régularité de l'épaisseur des bourrelets permet de savoir si les surfaces à assembler sont en contact en tous points avec le miroir chauffant.

Chauffage

La chaleur générée par le miroir se diffuse dans les extrémités à souder portant celles-ci à la température de soudage. La pression pendant le chauffage est réduite à une valeur presque nulle (maximum 0,02 N/mm²), ce qui garantit un contact régulier des extrémités des tubes contre le miroir chauffant.

Retrait du miroir

Une fois que les surfaces à assembler sont portées à la température adéquate, retirer l'élément chauffant, sans endommager ni salir les surfaces chauffées. Rapprocher immédiatement les surfaces à assembler. La période de rétractation de l'élément chauffant doit être la plus réduite possible.



Assemblage

Rapprocher les surfaces ramollies. L'opération a lieu en deux phases. Au moment du contact, la vitesse de rapprochement des surfaces à souder doit être pratiquement nulle. La pression d'assemblage doit croître, si possible linéairement, jusqu'à la valeur de consigne : $0,15 \pm 0,01 \text{ N/mm}^2$

Refroidissement

Laisser en place l'équipement et maintenir la pression constante afin de respecter les temps de refroidissement indiqués dans le tableau ci-après.

A l'issue du refroidissement, ouvrir les mâchoires et relâcher la pression de la centrale hydraulique. Après l'assemblage, le tube présente un double bourrelet périphérique dont l'aspect constitue un élément d'appréciation de l'homogénéité de la soudure. La formation de bourrelets non identiques peut s'expliquer par une différence de comportement rhéologique entre les deux matériaux assemblés. Il faut noter que les bourrelets intérieurs ne diminuent pas notablement le débit hydraulique.



Il existe également des équipements automatisés dont les phases de soudage sont programmées en fonction des caractéristiques du tube.

Exemples de paramètres (source Boréalisis)

Epaisseur de la paroi en mm	Préchauffage Epaisseur des bourrelets à la fin de chauffage en mm	Chauffage Temps de chauffage en secondes	Retrait du miroir chauffant durée maxi en secondes	Temps d'application de la pression jusqu'à la valeur consigne en secondes	Temps de refroidissement sous pression d'assemblage en minutes
4-5	0,5	30-70	3-5	3-6	3-6
5-7	1	70-120	4-6	4-8	6-10
7-12	1,5	120-190	5-8	8-12	10-16
12-19	2	190-250	6-10	10-15	16-24
19-26	2,5	250-330	7-14	15-20	24-32
26-37	3	330-460	8-17	20-25	32-40
37-50	3,5	460-600	7-20	26-35	40-45