

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'HYDRAULIQUE-ARBAOUI Abdellah-

DEPARTEMENT GENIE DE L'EAU

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

*Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Hydraulique*

**Option : Conception des Systèmes d'Irrigation et Drainage**

**THEME :**

**ETUDE DES PERFORMANCES ET FIABILITES DES  
DIFFERENTS TYPES DE GOUTTEURS EN IRRIGATION  
LOCALISEE PAR LES EAUX USEES EPUREES**

**Présenté par :**  
MAZAR AMAR

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

<b>Nom et prénom</b>	<b>Grade</b>	<b>Qualité</b>
<b>M<sup>r</sup> T. KHETTAL</b>	<b>M C.A</b>	<b>Président</b>
<b>M<sup>me</sup> A.AZIEZ</b>	<b>M A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> D.DJODAR</b>	<b>M A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>r</sup> D.KOLIAI</b>	<b>Ingénieur en Chef</b>	<b>Examineur</b>
<b>M<sup>me</sup> S.LEULMI</b>	<b>M A.A</b>	<b>Examinatrice</b>
<b>M<sup>me</sup> L.BAHBOUH</b>	<b>M A.A</b>	<b>Promotrice</b>

**Septembre - 2013**

## ☞ REMERCIEMENTS ☞

*Avant tout, nous remercions le bon Dieu qui a illuminé notre chemin et qui nous a armés de force et de sagesse, ainsi que la bonne volonté pour achever ce modeste travail.*

*Je remercie de tout mon cœur mes très chers **PARENTS** pour leurs sacrifices, prières et encouragements....*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et mes sincères remerciements à ma promotrice **M<sup>me</sup> L.S BAHBOUH**, J'elle exprime ma reconnaissance pour l'aide qu'elle m'a offert durant la période de réalisation de ce travail et encore plus sa patience, sa gentillesse, ses précieux conseils et ses encouragements.*

*Je remercie le personnel de l'**INSID** d'Alger (laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation) de m'avoir accueilli en son sein et leurs orientations et spécialement le responsable du banc d'essai goutte à goutte : **S.MOKRANI**.*

*Mes remerciements vont également au personnel de notre école Tout particulièrement à notre directeur **M<sup>r</sup> : M.S.BENHAFID**. En second lieu, je remercie chaleureusement le directeur de notre cité universitaire **M<sup>r</sup> : T.MESSEOUDANI**.*

*Toute gratitude à nos professeurs et enseignants qui nous ont guidés au cours de la formation d'ingénieur, et nos respects aux membres de jury qui nous feront l'honneur d'apprécier ce travail.*

*Mon derniers remerciements, mais non les moindres s'adressent à tous mes collègues et amis, pour avoir beaucoup de sollicitudes et de chaleur humaine dont nous avons tant besoin, merci à tous qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail, à savoir : **Mohamed DEBA, Daoud MANNAI, Yaakoub TITi, Khaled SAHBI, Djalel ADEL, Ami Smail, Ziane, Lokmane, Ahmed...***

*Grands mercis à vous tous*

# œDÉDICACEœ

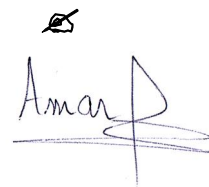
*Je dédie ce modeste mémoire qui est l'accomplissement de longues années d'études, en premier lieu à :*

- + Mes parents avec tous mes pleins sentiments de respect d'amour de gratitude pour tous les sacrifices déployés pour m'élever dignement et surtout assurer mon éducation dans les meilleures conditions; qui ont attendue avec patience les fruits de leur bonne éducation, que dieu vous garde.*
- + Mes frère et mes sœurs : Djamel, Aya, Faiza, Zinou.*
- + Ma sœurs Soumia et son mari Kamal.*
- + Ma Sœur Widad et son mari Walid.*
- + Ma grande mère : Nana Touta.*
- + Mes Tantes : Hakima, Nedjma, Samia, Samira, Houria.*
- + Mes oncles et surtout mon oncle Abelallah.*
- + Toute la famille MAZAR et HOUASS*
- + A tous ceux qui me sont chers.*

*Le long de ma vie, J'ai été entouré de personnes magnifiques qui m'ont donné le meilleur d'eux même sans rien attendre en retour, je crois qu'aujourd'hui il est le temps de leur dédiés du fond du cœur ce modeste travail pour les remercier : Khaled, Djaled, Housseem, Nabil, Houcin, Zaka, Ahmed, Salah, Imad, Brahim, Youness, Zaki, Moseab... , je vous remercie pour tous les sentiments d'amitié que vous avez envers moi et dont je suis fier.*

***\*A tous et à toutes, je dédie ce travail \****

***\*AMAR – 2013\****

  
Amar

## ملخص:

بالرغم من أنها واحدة من بين التقنيات الأكثر اقتصادا للماء، بفاعلية قد تصل إلى 95 % ، إلا أن السقي بالتقطير لم يحتل المكانة التي يستحقها في الإعداد الهيدرو-زراعي لدى الدول ذات طابع جاف ونصف جاف مثل الجزائر. السبب الرئيسي لهذا الوضع يكمن في التكلفة المرتفعة والمستوى التقني العالي المطلوب توفره لدى المزارع. هذا العمل يعرض تجربة لدراسة كفاءة بعض أنواع المقطرات. ثبات مردود المقطرات مع مرور الوقت مؤشر أساسي على نوعية نظامنا الزراعي. نتائج أعمالنا تبين أن أفضل تمثيل لمكونات النظام و لتكنولوجية صناعتها إضافة إلى نوعية الماء المستعمل هي قاعدة تحسين كفاءة أي نظام.

## Résumé :

Bien qu'étant reconnue comme une des techniques d'irrigation les plus économes en eau, avec des efficacités pouvant atteindre 95 %, l'irrigation localisée n'a pas encore obtenu la place qu'elle mérite dans les aménagements hydro agricoles des pays arides et semi-arides comme l'Algérie. La raison principale de cette situation réside dans son coût élevé et le haut degré de technicité que sa mise en œuvre requiert de l'agriculteur. Ce travail propose une approche expérimentale pour étudier la fiabilité de certains modèles de goutteurs. La stabilité de fonctionnement des goutteurs dans le temps est un indicateur principal de la qualité du système d'irrigation. Les résultats de nos travaux montrent qu'une meilleure conception des composants du système, de la technologie de leur fabrication et de la qualité de l'eau utilisée sont la base pour améliorer la fiabilité d'un tel système.

## Abstract:

While being recognised as one of the most water efficient irrigation techniques, with an efficiency coefficient close to 95%, localised irrigation has not obtained an appropriate position in irrigation schemes in arid and semi-arid countries such as Algeria. The main reasons for this are the high cost and the high degree of technicality that is required from the farmer for operating such systems. This work intends to study the reliability of drippers were performed on the irrigation systems. The operation stability of the considered elements over time is a key indicator of the quality of the irrigation system. The obtained results demonstrate that a better design of system components, their fabrication and the quality of the used water are the main element to achieve a high reliability of such a system.

A 3D ribbon graphic, rendered in shades of gray, with the word "Sommaire" written on its central section in a black, italicized serif font. The ribbon is shown from a perspective that gives it depth, with various facets and shadows. The word "Sommaire" is centered on the main horizontal part of the ribbon.

*Sommaire*

# SOMMAIRE

<b>Introduction</b> .....	01
---------------------------	----

## **Première partie : Recherche Bibliographique :**

1 - L'irrigation localisée . .....	02
1.1 - Définition.....	02
1.2 - Développement.....	03
1.3 - Avantages et inconvénients spécifiques de l'irrigation localisée.....	03
1.4 - Les composants d'une installation d'irrigation localisée .....	04
1.4.1 - La ressource en eau .....	04
1.4.2 - La station de tête .....	05
1.4.3 - Les canalisations .....	05
1.4.3.1 - Les PVC.....	05
1.4.3.2 - Les PE .....	06
1.4.4 - Les distributeurs.....	06
1.4.4.1 - Descriptif technique .....	07
1.4.4.1.1 - Les mini-diffuseurs.....	07
1.4.4.1.1.1 - Débit.....	07
1.4.4.1.1.2 - Fonctionnement hydraulique.....	07
1.4.4.1.1.3 - Dimensions et forme des surfaces arrosées.....	08
1.4.4.1.1.4 - Fixation sur la rampe.....	08
1.4.4.1.2 - Les ajutages .....	08
1.4.4.1.3 - Gaines et tubes poreux.....	09
1.4.4.1.3.1 - Les gaines à cheminement long .....	09
1.4.4.1.3.2 - Les gaines perforées à double paroi.....	09
1.4.4.1.3.3 - Les gaines autorégulantes .....	09
1.4.4.1.3.4 - Les tubes poreux.....	10
1.4.4.1.4 - Les goutteurs .....	10
1.4.4.1.4.1 - Débit.....	10
1.4.4.1.4.2 - Fonctionnement hydraulique.....	10
1.4.4.1.4.3 - Mode de fixation sur la rampe.....	12
1.4.4.1.4.4 - Sensibilité aux variations de pression.....	13

1.4.4.2 - Caractéristiques et aptitudes des distributeurs .....	14
1.4.4.2.1 - Les essais .....	15
1.4.4.2.1.1 - Le test d'homogénéité de fabrication .....	15
1.4.4.2.1.2 - La sensibilité à la pression .....	15
1.4.4.2.1.3 - La sensibilité au bouchage .....	15
1.4.4.2.2 - Critères de classement .....	16
1.4.4.2.2.1 - Homogénéité de fabrication .....	16
1.4.4.2.2.2 - Tolérance aux variations de pression .....	16
1.4.4.2.2.3 - Sensibilité à l'obstruction physique .....	17
1.4.4.3 - Le choix du type de distributeur.....	17
1.4.4.3.1 - Les caractéristiques du sol .....	17
1.4.4.3.2 - La nature des cultures .....	18
1.4.4.3.3 - La qualité de l'eau .....	19
1.4.4.3.4 - La configuration des parcelles .....	19
1.4.4.3.5 - Le coût de l'installation .....	19
1.4.4.3.6 - Le coût des équipements .....	20
1.4.4.3.7 - Le coût de la main-d'œuvre .....	20
1.4.4.4 - Contrôler l'uniformité des débits .....	21
2 - Normes.....	22
2.1 - Définition .....	22
2.2 - À quoi servent les normes.....	22
2.3 - Pourquoi une normalisation en matière d'irrigation?.....	23
3 - Réutilisation des eaux usées épurées.....	23
3.1 - Utilisation de l'irrigation localisée pour la réutilisation des eaux usées épurées.....	23
3.1.1 - Avantages .....	23
3.1.2 - Inconvénients .....	24
3.2 - Le colmatage des distributeurs du réseau de goutte-à-goutte .....	24
3.2.1 - Le colmatage minéral .....	24
3.2.2 - Le colmatage chimique.....	25
3.2.3 - Le colmatage Biologique.....	25

## **Deuxième partie : Matériels et Méthodes :**

1 - Introduction.....	27
2 - Description des sites d'études et du protocole expérimental.....	27

2.1 - Description des sites expérimentaux .....	27
2.1.1 - Description du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation .....	27
2.1.2 - Description du site expérimental au niveau de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique : .....	28
2.2 - Protocoles expérimentaux suivis sur les deux sites.....	30
2.2.1 - Protocole expérimental suivi sur laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation INSID.....	30
2.2.1.1 - Protocole expérimental suivi sur le banc d'essai goutte à goutte .....	30
2.2.1.1.1 - Identification du Matériel à tester.....	30
2.2.1.1.2 - Condition de l'essai .....	30
2.2.1.1.3 - Procédures de l'essai.....	30
2.2.1.2 - Protocole expérimental suivi sur le banc d'essai de la résistance des matériaux .....	31
2.2.1.2.1 - Identification du Matériel à tester.....	31
2.2.1.2.2 - Procédures de l'essai.....	31
2.2.2 - Protocole expérimental suivi sur le site expérimental de l'E.N.S.H.....	32
2.2.2.1 - Eaux utilisées pour l'expérimentation .....	32
2.2.2.1.1 - Eau usée épurée .....	32
2.2.2.1.2 - Eau normale.....	34
2.2.2.2 - Les étapes suivies .....	35

### **Troisième partie : Résultats et Discussions :**

1 - Résultats du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation et discussions .....	37
1.1 - Banc d'essai goutte à goutte .....	37
1.1.1 - Uniformité du débit (Détermination du coefficient de variation « CV » selon la norme ISO9261) .....	37
1.1.1.1 - Résultats d'essai.....	37
A - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 4 L/h .....	37
B - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 8 L/h.....	38
1.1.1.2 - Interprétation des résultats .....	38
A - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 4 L/h .....	38



B - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 8 L/h.....	39
1.1.2 - Courbe débit-pression .....	39
1.1.2.1 - Résultats d'essai .....	39
A - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 4 L/h .....	39
B - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 8 L/h.....	40
1.1.2.2 - Interprétation des résultats .....	41
A - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 4 L/h .....	41
B - Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 8 L/h.....	42
1.2 - Banc d'essai la résistance des matériaux .....	42
1.2.1 - Essai de détermination de la teneur en noir de carbone .....	43
1.2.1.1 - Résultats d'essai.....	43
1.2.1.2 - Interprétation des résultats.....	43
2 - Résultats de l'analyse et mesure des caractéristiques techniques des goutteurs sur le site expérimental de l'E.N.S.H et discussions.....	44
2.1 - Variation du débit des goutteurs .....	44
2.1.1 - Résultat des essais .....	44
2.1.1.1 - Réseau témoin alimenté par l'eau normale (réseau N=°1).....	44
A - Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h .....	44
B - Goutteur local autorégulant de 4 L/h .....	45
C - Goutteur local autorégulant de 8 L/h .....	45
2.1.1.2 - Réseau expérimental alimenté par l'eau épurée (réseau N=°2).....	46
A - Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h .....	46
B - Goutteur local autorégulant de 4 L/h .....	46
C - Goutteur local autorégulant de 8 L/h .....	47
2.1.2 - Interprétation des résultats.....	48
2.1.2.1 - Réseau témoin alimenté par l'eau normale (réseau N=°1).....	48
A - Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h .....	48
B - Goutteurs locaux autorégulants de 4 et 8 L/h.....	49
2.1.2.2 - Réseau expérimental alimenté par l'eau épurée (réseau N=°2).....	50
2.2 - Uniformité de la distribution de débit dans les goutteurs .....	53
2.2.1 - Résultat des essais .....	54
A - Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h .....	54
B - Goutteur local autorégulant de 4 L/h.....	54
C - Goutteur local autorégulant de 8 L/h.....	55

2.2.2 - Interprétation des résultats.....	55
A - Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h .....	56
B - Goutteur local autorégulant de 4 L/h.....	57
C - Goutteur local autorégulant de 8 L/h.....	58
2.3 - Courbe de performance Débit-Pression.....	59
2.3.1 - Résultat des essais .....	59
A - Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h .....	59
B - Goutteur local autorégulant de 4 L/h.....	59
C - Goutteur local autorégulant de 8 L/h.....	60
2.3.2 - Interprétation des résultats.....	60
A - Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h .....	60
B - Goutteur local autorégulant de 4 L/h.....	60
C - Goutteur local autorégulant de 8 L/h.....	61

<b>Conclusion</b> .....	63
-------------------------	----

<b>Références Bibliographie</b> .....	66
---------------------------------------	----

**Annexes.**

# Liste des tableaux

## Première partie : Recherche Bibliographique

Tableau I.1 - Exemple de caractéristiques d'une gamme de mini-diffuseurs .....	06
Tableau I.2 - Classes d'appréciation de l'homogénéité des goutteurs en fonction du CV.....	15
Tableau I.3 - Classes d'appréciation de la tolérance des goutteurs non autorégulants .....	15
Tableau I.4 - Classes d'appréciation de la tolérance des goutteurs autorégulants .....	15
Tableau I.5 - Classes d'appréciation de la sensibilité des goutteurs à l'obstruction physique..	16

## Deuxième partie : Matériels et Méthodes :

Tableau II.1 - Les conduites testés .....	31
Tableau II.2 - Les mesures des valeurs des paramètres physicochimiques d'eau épurée .....	34
Tableau II.3 - Les mesures des valeurs des paramètres physicochimiques d'eau normale .....	35

## Troisième partie : Résultats et Discussions :

Tableau III.1 - Résultats d'essai de détermination du coefficient de variation « CV » du goutteur 4 L/h.....	37
Tableau III.2 - Résultats d'essai de détermination du coefficient de variation « CV » du goutteur 8 L/h.....	38
Tableau III.3 - Résultats d'essai de détermination de la courbe Débit-Pression(goutteur4L)..	40
Tableau III.4 - Résultats d'essai de détermination de la courbe Débit-Pression(goutteur8L)..	40
Tableau III.5 - La constante dimensionnelle K et l'exposant m (goutteur 4 L/h).....	41
Tableau III.6 - La constante dimensionnelle K et l'exposant m( goutteur 8 L/h).....	42
Tableau III.7 - Résultats d'essai de détermination de la teneur en noir de carbone .....	43
Tableau III.8 - La constante dimensionnelle K et l'exposant m (goutteur 2 L/h).....	60
Tableau III.9 - La constante dimensionnelle K et l'exposant m (goutteur 4 L/h).....	60
Tableau III.10 - La constante dimensionnelle K et l'exposant m (goutteur 8 L/h).....	61

# Liste des figures

## Première partie : Recherche Bibliographique

Figure I.1 - Schéma de principe du fonctionnement de l'irrigation localisée.....	02
Figure I.2 - Schéma d'une installation d'irrigation localisée.....	04
Figure I.3 - Schéma type de la station de tête.....	05
Figure I.4 - Schéma d'un mini-diffuseur.....	07
Figure I.5 - Forme des surfaces irriguées en localisé avec des mini-diffuseurs .....	08
Figure I.6 - Schéma en coupe d'ajutage .....	08
Figure I.7 - Schéma du trajet de l'eau dans une gaine à cheminement long .....	09
Figure I.8 - Trajet de l'eau dans une gaine perforée à double paroi.....	09
Figure I.9 - Trajet de l'eau dans une gaine autorégulante.....	10
Figure I.10 - Goutteur à circuit uniforme (capillaire) .....	11
Figure I.11 - Goutteur à circuit uniforme (capillaire) .....	11
Figure I.12 - Goutteurs à circuit non uniforme .....	11
Figure I.13 - Goutteurs à circuit non uniforme .....	11
Figure I.14 - Schéma du circuit de l'eau dans un goutteur non uniforme.....	11
Figure I.15 - Schéma d'un goutteur à circuit court vu en coupe .....	11
Figure I.16 - Goutteur à circuit court .....	11
Figure I.17 - Schéma du montage en dérivation du goutteur sur la rampe d'irrigation localisée.....	12
Figure I.18 - Goutteurs montés en dérivation .....	12
Figure I.19 - Goutteurs montés en dérivation .....	12
Figure I.20 - Montage d'un goutteur en ligne sur la rampe .....	13
Figure I.21 - Schéma du circuit de l'eau dans un goutteur en ligne .....	13
Figure I.22 - Goutteur en ligne.....	13
Figure I.23 - Goutteur intégré.....	13

Figure I.24 - Relation débit-pression pour un distributeur non autorégulant .....	14
Figure I.25 - Relation débit-pression pour un distributeur autorégulant .....	14
Figure I.26 - La diffusion latérale dans les sols moyennement ou peu perméables (le bulbe s'étale).....	18
Figure I.27 - La percolation dans les sols très perméables (le bulbe s'étoile) .....	18
Figure I.28 - Location des points de mesure des débits sur installation d'irrigation localisée.	21

## **Deuxième partie : Matériels et Méthodes :**

Figure II.1 - Le Laboratoire du L'INSID .....	27
Figure II.2 - Le site expérimental d'E.N.S.H.....	28
Figure II.3 - Le site expérimental d'E.N.S.H (Schéma Explicatif).....	29
Figure II.4 - Variation de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010.....	33
Figure II.5 - Variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010 .....	33
Figure II.6 - Variation des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010.....	34
Figure II.7 - Montage du Manomètre.....	36

## **Troisième partie : Résultats et Discussions :**

Figure III.1 - Différents niveaux de pression pour déterminer la courbe débit-pression des goutteurs autorégulants et non autorégulants.....	39
Figure III.2 - Courbe Débit-Pression du goutteur 4 L/h.....	41
Figure III.3 - Courbe Débit-Pression du goutteur 8 L/h.....	42
Figure III.4 - Courbes de variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 2 L/h - Eau normale).....	44
Figure III.5 - Courbes de variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 4 L/h - Eau normale).....	45
Figure III.6 - Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 8 L/h - Eau normale).....	45

Figure III.7 - Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 2 L/h - Eau épurée).....	46
Figure III.8 - Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 4 L/h - Eau épurée).....	46
Figure III.9 - Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 8 L/h - Eau épurée).....	47
Figure III.10 - Photo de la courbe de variation du débit(Goutteur 2 L/h –Eau normale).....	48
Figure III.11 - Courbe de performance et la page 47 du catalogue technique de CHIALI .....	48
Figure III.12 - Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures + 20 de prévision (Goutteur 2 L/h – Eau épurée).....	49
Figure III.13 - Photos des courbes de variation du débit (Goutteurs 4 et 8 L/h – Eau normale).....	49
Figure III.14 - L'état du filtre du réseau N°1 (différentes vues).....	50
Figure III.15 - L'état du filtre du réseau N°2 (différentes vues).....	50
Figure III.16 - Photos des courbes de variation du débit pour les trois types des goutteurs (Eau épurée).....	51
Figure III.17 - Courbes de variation du débit (goutteur 4 L/h) durant le temps de fonctionnement de 30 heures + Prévision de 12 h (Eau épurée).....	51
Figure III.18 - Courbes d'évolution temporelle de Ec du goutteur intégré de 2 L/h .....	52
Figure III.19 - Courbes d'évolution temporelle de Ec du goutteur autorégulant de 4 L/h.....	52
Figure III.20 - Courbes d'évolution temporelle de Ec du goutteur autorégulant de 8 L/h.....	52
Figure III.21 - Variation du débit des goutteurs autorégulants (4 L/h) : G3.4 et G3.6 (Eau épurée).....	53
Figure III.22 - Courbes d'évolution temporelle de Cu du goutteur intégré de 2 L/h.....	54
Figure III.23 - Courbes d'évolution temporelle de Cu du goutteur autorégulant de 4 L/h .....	54
Figure III.24 - Courbes d'évolution temporelle de Cu du goutteur autorégulant de 8 L/h .....	55
Figure III.25 - Courbes d'évolution temporelle de Cu et Ec du goutteur intégré de 2 L/h .....	56

Figure III.26 - Courbes d'évolution temporelle de $C_u$ et $E_c$ du goutteur autorégulant de 4 L/h.....	57
Figure III.27 - Courbes d'évolution temporelle de $C_u$ et $E_c$ du goutteur autorégulant de 8 L/h.....	58
Figure III.28 - Courbe Débit-Pression du goutteur 2 L/h.....	59
Figure III.29 - Courbe Débit-Pression du goutteur 4 L/h.....	59
Figure III.30 - Courbe Débit-Pression du goutteur 8 L/h.....	60
Figure III.31 - Les graphes fournis par le fabricant (Goutteur 4 et 8 L/h) .....	61
Figure III.32 - Les graphes représentatifs des équations obtenus par les essais .....	61



# *Introduction*



# *INTRODUCTION*

En micro-irrigation (ml) l'eau est distribuée sous pression par un réseau ramifié totalement en matière plastique. Le réseau est composé, de l'amont à l'aval, d'une conduite principale alimentant une ou plusieurs conduites secondaires sur lesquelles sont branchées des rampes placées parallèlement à l'alignement de la culture.

Les rampes portent l'élément terminal du réseau appelé distributeur, émetteur ou goutteur. Placé le plus souvent au pied du végétal, cet organe débite l'eau grâce à un orifice de très faible section à la pression atmosphérique.

Comme pour tout réseau de distribution d'eau, l'uniformité de répartition est le facteur déterminant de la performance du réseau et de l'efficacité de l'arrosage. Cette uniformité est largement tributaire du dimensionnement du réseau.

D'un bout à l'autre de chaque rampe du réseau, les différences de pressions, en absence de pente, peuvent être très importantes. Ces écarts, engendrés par les pertes de charge, induisent des variations de débit des goutteurs qui causent une hétérogénéité de distribution et donc d'alimentation en eau et en fertilisants de la culture. Ces déviations sont jugulées principalement par le choix approprié des dimensions des conduites du réseau, de la structure géométrique du réseau des facteurs d'exploitation (pression fournie en tête du réseau) et des caractéristiques du goutteur.

En effet, le calcul des systèmes d'irrigation localisée nécessite la connaissance au moins approximative, des paramètres de l'équation de flux et une indication sur la variabilité de fabrication du goutteur. Ainsi, La présente étude a été réalisée dans le but d'évaluer les performances hydrauliques de certains goutteurs commercialisés sur le marché national et d'améliorer la compréhension du fonctionnement des goutteurs de micro-irrigation vis-à-vis du risque de colmatage et les conséquences sur leur durabilité.

L'objectif de ce travail peut être résumé comme suit :

- ✓ Etudier les performances hydrauliques et mécaniques des goutteurs.
- ✓ Contrôler les caractéristiques techniques des équipements d'irrigation et leur fonctionnement.
- ✓ Suivre le colmatage des goutteurs ainsi que l'homogénéité des débits sortants dans le temps suivant le protocole expérimental retenu.

*Première Partie :*



*Recherche Bibliographie*

## Première Partie

### Recherche Bibliographique

#### 1. L'irrigation localisée :

##### 1.1 Définitions :

L'irrigation localisée, ou micro-irrigation, est une méthode qui regroupe plusieurs systèmes de distribution de l'eau à la parcelle. Elle se caractérise par:

- la mise en place sur la parcelle d'un réseau dense de canalisations (rampes) couvrant totalement la surface à irriguer.
- l'apport de l'eau au voisinage de la plante.

Sur le plan international, différents termes sont utilisés pour désigner cette technique d'irrigation:

- ✓ **Micro-irrigation:** terme choisi par la Commission Internationale Des Irrigation Et Du Drainage (CIID) en référence aux débits utilisés qui, contrairement aux deux autres techniques plus anciennes, aspersion et irrigation de surface, sont très faibles.
- ✓ **Irrigation goutte à goutte:** terme utilisé par certains auteurs en référence à l'utilisation d'un type particulier de distributeur: le goutteur.
- ✓ **Irrigation localisée:** terme choisi par l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) en raison des apports d'eau effectués au voisinage immédiat des plantes. C'est ce terme que nous utiliserons par la suite.

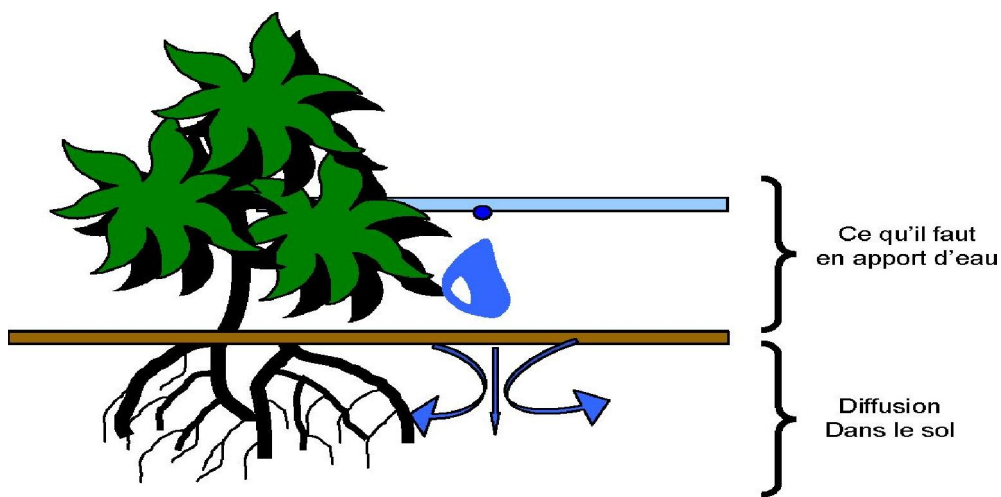


Figure I.1: Schéma de principe du fonctionnement de l'irrigation localisée (Source: [4])

## 1.2 Développement :

Dès l'antiquité, il fut observé que l'apport d'eau aux plantes à très faible dose et de manière répétée donnait des résultats spectaculaires. De nombreux documents attestent de l'utilisation de jarres poreuses en terre cuite que les anciens remplissaient d'eau et qui libéraient lentement, par suintement, une très faible quantité d'eau. L'irrigation localisée était inventée.

C'est en Israël, à partir des années 1960, que l'irrigation localisée a commencé à être reconnue comme nouvelle technique d'irrigation. Le développement des matières plastiques a permis de fabriquer industriellement, à faible coût, des distributeurs précis et fiables et des tuyaux de faible diamètre (Source [8]).

## 1.3 Avantages et inconvénients spécifiques de l'irrigation localisée :

### ➤ Avantages

- ✓ excellente efficacité d'arrosage à la parcelle (à condition que la technique soit parfaitement maîtrisée);
- ✓ excellent rendement des cultures (même condition);
- ✓ bonne adaptation à l'utilisation des eaux salées (même condition);
- ✓ très faibles besoins de main-d'œuvre;
- ✓ coûts d'entretien réduits;
- ✓ insensibilité au vent;
- ✓ ne mouille pas le feuillage, ce qui est favorable du point de vue phytosanitaire;
- ✓ ne mouille le sol que très partiellement, ce qui est favorable aux façons culturales;
- ✓ limite la prolifération des adventices;
- ✓ raccourcit le cycle végétatif de la culture.

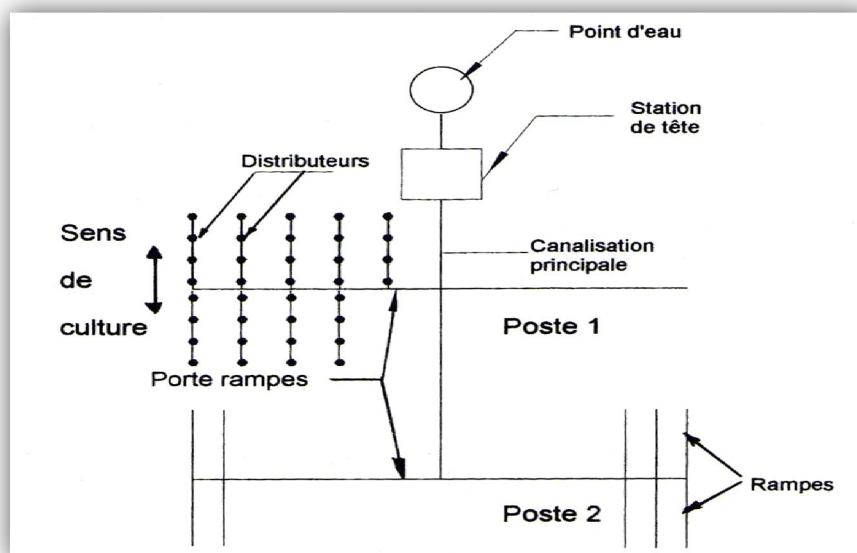
### ➤ Inconvénients

- ✓ coût globalement élevé qui fait réserver cette technique aux cultures à forte valeur ajoutée;
- ✓ exige un haut degré de compétence à tous les niveaux: études préliminaires agro-pédologiques, conception de l'installation, conduite des arrosages par l'irrigant;
- ✓ nécessite une maintenance rigoureuse, en raison des risques liés à une éventuelle interruption des arrosages;
- ✓ nécessite la filtration de l'eau d'irrigation;
- ✓ fonctionne avec du matériel délicat à durée de vie relativement faible.

#### 1.4 Les composants d'une installation d'irrigation localisée :

Une installation ou réseau d'irrigation localisée comprend de l'amont vers l'aval les éléments suivants (*figure I.2*) :

- ✓ la ressource en eau ou point d'eau.
- ✓ la station de tête.
- ✓ des canalisations de transport (canalisations principales et secondaires) en tête des postes d'arrosage.
- ✓ une ou des canalisations d'alimentation des rampes (le ou les porte-rampes).
- ✓ des canalisations d'alimentation des distributeurs (les rampes).
- ✓ les distributeurs installés le long des rangées de culture.



**Figure I.2 :** Schéma d'une installation d'irrigation localisée (Source [8])

##### 1.4.1 La ressource en eau

Le problème essentiel pour une installation de d'irrigation localisée est lié à la qualité de l'eau. Une eau de bonne qualité contiendra peu d'éléments pouvant provoquer un colmatage des distributeurs.

La connaissance de l'origine de l'eau permet de déterminer le niveau de filtration souhaitable pour protéger efficacement l'installation et de définir les différents traitements nécessaires.

### 1.4.2 La station de tête

La station de tête comprend les différents appareils nécessaires pour garantir le bon fonctionnement et la sécurité du réseau ainsi que la protection de l'environnement. Les différentes fonctions assurées concernent le conditionnement hydraulique de l'eau, la filtration, la chimigation, la programmation et le comptage (*figure I.3*).

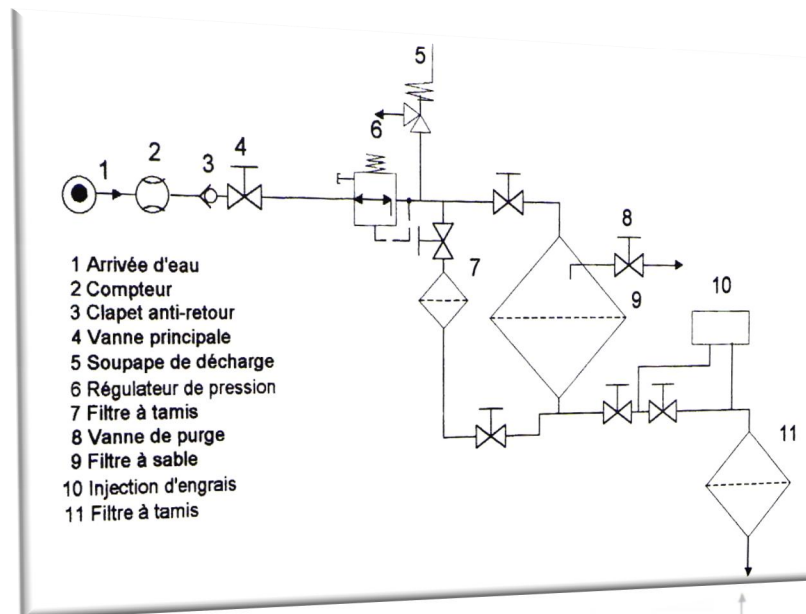


Figure I.3 -Schéma type de la station de tête (Source [8])

### 1.4.3 Les canalisations

La plupart des canalisations en plastique utilisées en irrigation localisée sont fabriquées à partir de:

- Chlorure de polyvinyle, PVC
- Polyéthylène, PE (basse ou haute densité, BD ou HD)
- Polypropylène, PP

**1.4.3.1. Les PVC :** sont les plus utilisés pour les gros diamètres, en raison de leur résistance à la pression. Extrudés à partir de polychlorure de vinyle non plastifié, ou en PVC, ces tuyaux sont idéaux pour l'irrigation, le transport à froid de l'eau et les lignes de distribution principales et secondaires.

Dans bien des cas, ils sont aussi utilisés comme adducteurs et conduites latérales. Très légers, ils sont faciles à transporter et à manipuler sur place. La seule contrainte réside dans l'obligation de les garder enterrés en permanence pour les soustraire aux très basses ou hautes

températures ambiantes, ainsi qu'aux radiations solaires. La vitesse maximum d'écoulement ne doit pas excéder 1,5 m/s.

Ils sont livrés en longueurs standard de 6 m et en plusieurs séries et classes de pression de service, en conformité avec les normes nationales et internationales appliquées en Europe, aux États-Unis et ailleurs (ISO 161-1/2: 1996, ISO 3606, BS 5556, DIN 8062, ASTM D 2241, ANSI/ASAE S376.1, ANSI/ASTM-D178

**1.4.3.2. Les PE :** sont les plus utilisés pour les petits diamètres, ils sont des tuyaux flexibles en PE noir, extrudés à partir de composants polyéthylènes contenant des stabilisants et 2,5 pour cent de noir de carbone qui protège les tuyaux du vieillissement, de la lumière solaire et des variations de température. Les tuyaux en PEFD (résine à faible densité) sont aussi appelés tuyaux en polyéthylène mou (PE25), tandis que les PEHD (résine à haute densité) sont des tuyaux en polyéthylène dur (PE50) (les chiffres correspondent aux résistances à la pression hydrostatique du matériel. Ces tuyaux sont fabriqués en conformité avec divers standards métriques et anglo-saxons en pouces (ISO 161-2, DIN 8072/8074, etc.).

Les deux séries se sont révélées efficaces dans les techniques d'irrigation en conduites sous pression et sont prédominantes dans les systèmes de micro-irrigation. Toutes les conduites latérales avec des micro-distributeurs sont des tuyaux de PEFD de 12 à 32 mm. Les tuyaux en PEHD de plus grands diamètres sont utilisés pour les lignes principales et secondaires et les adducteurs. Ils sont aussi fréquemment utilisés pour les conduites d'adduction d'eau.

Les tuyaux en PEFD sont moins affectés par les hautes températures que les tuyaux en PEHD. Les tuyaux en PE sont fournis, munis de bouts unis, en rouleaux de 50 à 400m, selon les diamètres. Posés en surface, ils ont une durée de vie de 12 à 15 ans.

Conformément aux normes européennes et internationales, ils sont disponibles dans les gammes de diamètres et pressions suivantes:

- **DN (diamètre extérieur) en millimètres:** 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 75, 90 et 110.
- **PN (pression de service) en bars:** 2.0, 4.0, 6.0, 10.0 et 16.0

#### **1.4.4 Les distributeurs :**

En irrigation localisée, l'eau est transportée le long des rangs de culture et distribuée au voisinage plantes. On distingue deux cas, selon que les deux fonctions, transport et distribution, sont assurées deux éléments différents ou par le même élément :

✓ *1<sup>er</sup> cas* : le transport est assuré par des canalisations en plastique (polyéthylène en général), appelées rampes, tandis que la distribution est le fait d'appareils spéciaux appelés distributeurs, insérés dans rampes à des intervalles généralement constants.

↳ Ce sont *les diffuseurs, les ajutages calibrés, les micro-asperseurs, Les goutteurs.*

✓ *2<sup>e</sup> cas* : le transport et la distribution sont assurés par le même élément.

↳ Ce sont *les gaines et les tubes poreux.*

### 1.4.4.1 Descriptif technique :

#### 1.4.4.1.1 Les mini-diffuseurs

Les mini-diffuseurs fonctionnent comme de petits asperseurs statiques placés à environ 0,30 à 0,50 m au-dessus du sol, qui pulvérisent l'eau sous forme de taches sur une partie de la surface du sol au voisinage des cultures.

##### 1.4.4.1.1.1 Débit

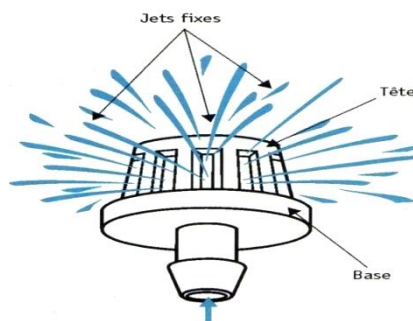
Leur débit varie le plus couramment de 20 à 60 litres/heure, sous une pression de 1 bar, selon les modèles. Pour un même fabricant, les différents modèles sont repérés par des couleurs (*tableau I. 1*).

<i>à 0,50 m du sol</i>	<i>jaune</i>		<i>orange</i>		<i>bleu</i>	
<i>Pression (bar)</i>	1	2	1	2	1	2
<i>Débit (L/h)</i>	19	28	32	48	42	61
<i>Portée (m)</i>	1,1	1,4	1,4	2	1,7	2,4

**Tableau I. 1** - Exemple de caractéristiques d'une gamme de mini-diffuseurs

##### 1.4.4.1.1.2 Fonctionnement hydraulique

Les mini-diffuseurs sont constitués d'une base comportant un orifice calibré, au travers duquel l'eau passe sous forme de jet, et d'une tête formant déflecteur, sur laquelle le jet vient se briser (*figure I. 4*).

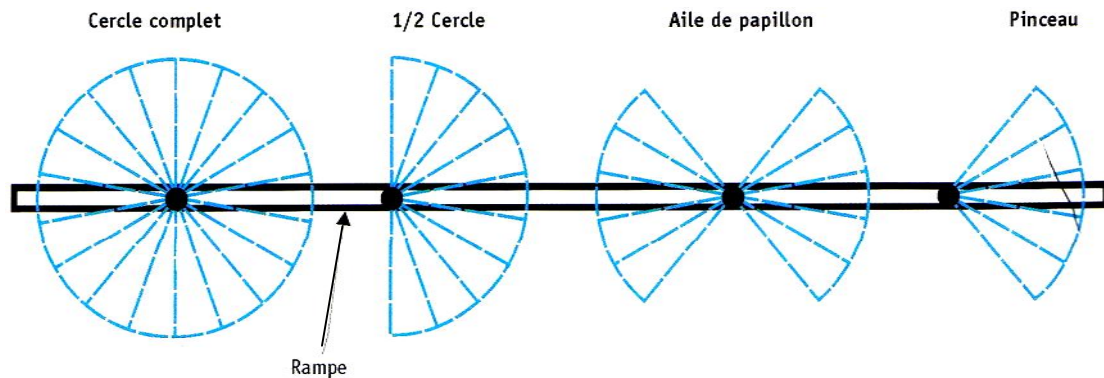


**Figure I. 4-** Schéma d'un mini-diffuseur (Source [4])



#### 1.4.4.1.3 Dimensions et forme des surfaces arrosées

Les portées sont Limitées de 1 à 2, 5 mètres. La forme des surfaces arrosées vari selon le type de tête utilisé (*figure I.5*).



**Figure I. 5** - Forme des surfaces irriguées en localisé avec des mini-diffuseurs (Source [4])

#### 1.4.4.1.4 Fixation sur la rampe

Tous les mini-diffuseurs sont montés en dérivation. Ils sont:

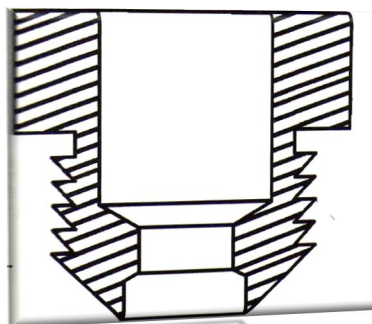
- ✓ soit fixés directement sur la rampe.
- ✓ soit reliés à celle-ci par un tube adducteur ou prolongateur dans ce cas, le mini-diffuseur est placé sur un support particulier.

#### 1.4.4.1.2 Les ajutages (*procédé Bas-Rhône*)

Les ajutages sont constitués d'orifices calibrés de 1,2 à 2,1 mm de diamètre fixés en dérivation sur la rampe à intervalles réguliers (2, 5 à 6, 5 m) et recouverts d'un manchon brise-jet (*figure I.6*). Selon le diamètre de l'ajutage, son débit varie de 35 à 100 l/h, sous une pression de 1 bar. L'eau distribuée par les ajutages s'écoule dans de petits bassins d'où elle diffuse.

#### ❖ Remarque

*Ce mode d'irrigation se rapproche d'une irrigation de type gravitaire, mais la distribution localisée élimine les pertes d'eau relativement importantes dans les canaux de distribution gravitaire.*



**Figure I. 6** - Schéma en coupe d'ajutage (Source [4])

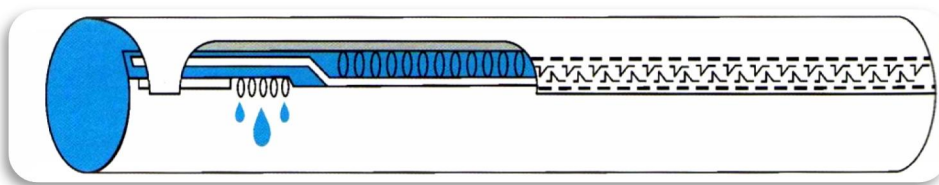
### 1.4.4.1.3 Gaines et tubes poreux

Les gaines sont constituées de tuyaux en plastique qui assurent à la fois les fonctions de transport et de distribution de l'eau (*figure I.7*). Elles sont fabriquées par soudure ou par extrusion, les constructeurs proposent différentes épaisseurs, de durée de vie variable. Aplaties au repos, elles se gonflent sous l'effet de la pression.

le débit des gaines est généralement compris entre 1 et 8 l/h par mètre linéaire, suivant l'écartement des orifices (20 à 120 cm) et la pression (0,15 à 1 bar).

#### 1.4.4.1.3.1 Les gaines à cheminement long

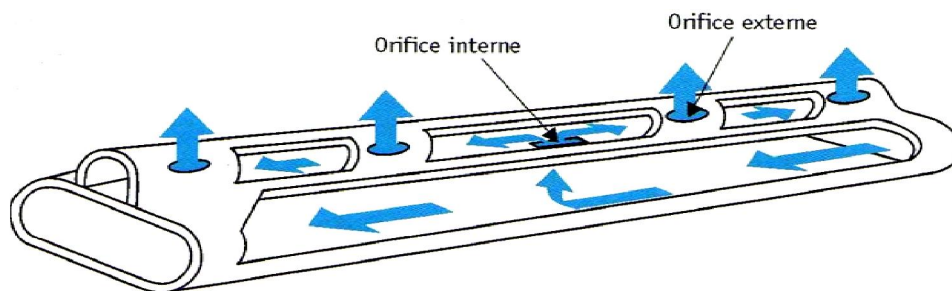
L'eau sort après avoir suivi un cheminement plus ou moins long et plus ou moins uniforme



**Figure I. 7** - Schéma du trajet de l'eau dans une gaine à cheminement long (Source [4])

#### 1.4.4.1.3.2 Les gaines perforées à double paroi

Les gaines à double paroi sont constituées de deux gaines accolées. L'une, de section plus importante, sert au transport de l'eau et alimente par des orifices internes une gaine secondaire qui laisse s'écouler l'eau par des orifices de petit diamètre.



**Figure I. 8-** Trajet de l'eau dans une gaine perforée à double paroi

#### 1.4.4.1.3.3 Les gaines autorégulantes

Dans certaines gaines, une membrane, placée à l'intérieur et raccordée à la paroi par un bord obture, plus ou moins l'orifice de passage de l'eau, en fonction de la pression et régule ainsi plus ou moins le débit.

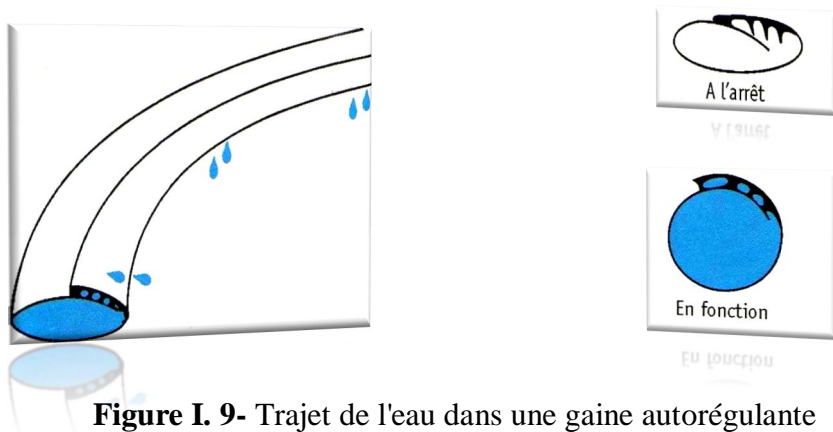


Figure I. 9- Trajet de l'eau dans une gaine autorégulante

#### 1.4.4.1.3.4 Les tubes poreux

Les tubes poreux sont constitués par des tuyaux de petit diamètre, dont la paroi à structure poreuse laisse suinter l'eau tout le long du tuyau. Ces tuyaux sont généralement enterrés entre 20 et 50 cm de profondeur.

Actuellement, ils sont utilisés pour certaines cultures. Mais, la variabilité des débits liée à des problèmes technologiques peut engendrer une hétérogénéité des apports.

#### 1.4.4.1.4 Les goutteurs

Les goutteurs apportent l'eau à la surface du sol de manière ponctuelle.

##### 1.4.4.1.4.1 Débit

Les goutteurs ont un faible débit compris entre 1 et 8 l/h sous une pression de 1 bar (charge de 10 m de colonne d'eau), la plus fréquemment utilisée. Dans la pratique, les débits les plus courants sont:

- 2 l/h pour les cultures maraîchères ou sous abri.
- 4 l/h pour les cultures pérennes (arbres fruitiers, vignes).

##### 1.4.4.1.4.2 Fonctionnement hydraulique

À travers le goutteur, l'eau suit un cheminement plus ou moins long (0, 1 à 1 m), qui provoque la dissipation de la pression sous forme de perte de charge.

Il existe des goutteurs à circuit uniforme (les plus anciens) et des goutteurs à circuit non uniforme.

Dans les **goutteurs à circuit uniforme** (capillaire : *figure I.10 et figure I.11*), la section de passage de l'eau est constante tout le long du cheminement. Les pertes de charge sont engendrées par le frottement de l'eau le long des parois du tube capillaire.

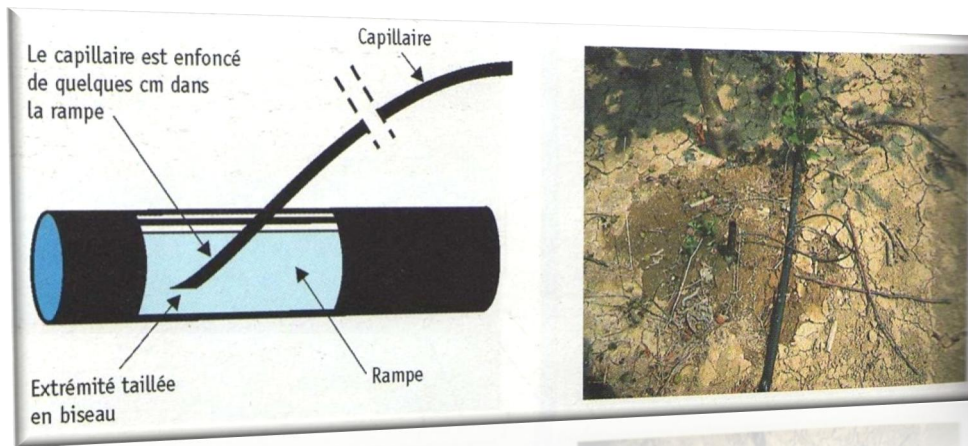


Figure I. 10 et figure I. 11 : Goutteur à circuit uniforme (capillaire) (Source [4])

Dans les **goutteurs à circuit non uniforme**, dits à chicanes ou à labyrinthe (*figure I.12 et I.13*), des changements brusques de direction du filet liquide provoquent un effet de turbulence qui s'ajoute aux frottements le long des parois pour engendrer les pertes de charge. Les sections de passage sont, pour un même débit, plus importantes que celles des goutteurs à circuit uniforme.

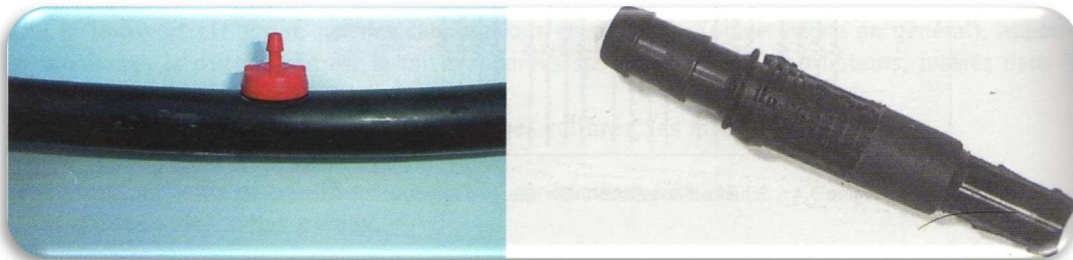


Figure I. 12 et I.13 - Goutteurs à circuit non uniforme

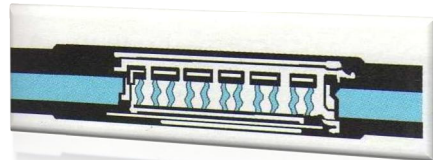


Figure I.14 - Schéma du circuit de l'eau dans un goutteur non uniforme(Source [4])

On peut également trouver des goutteurs turbulents à circuit court (*Figure I.15 et I.16*)

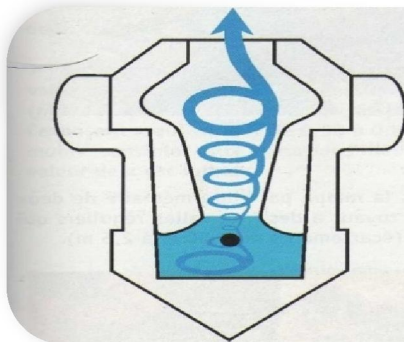


Figure I. 15 - Schéma d'un goutteur à circuit court vu en coupe (Source [4])



Figure I. 16 - Goutteur à circuit court



L'eau pénètre dans Le goutteur par un orifice de section réduite et le traverse en tournoyant. La pression existant dans la rampe est transformée en vitesse. L'eau sort du goutteur sous forme d'un jet très fin qui doit être brisé. Actuellement, les goutteurs de ce type, sont peu nombreux car ils sont très sensibles à l'obstruction

#### 1.4.4.1.4.3 Mode de fixation sur la rampe

Il existe trois modes de fixation des goutteurs sur la rampe: *les goutteurs en dérivation; les goutteurs en ligne; les goutteurs intégrés.*

##### a) Les goutteurs montés en dérivation

Ils sont fixés sur la rampe par L'intermédiaire d'un embout appelé « *tête de vipère* ».

Selon Les modèles, ils font plus ou moins saillie sur la rampe. Le montage en dérivation des goutteurs sur la rampe s'effectue soit sur le terrain, soit en usine.

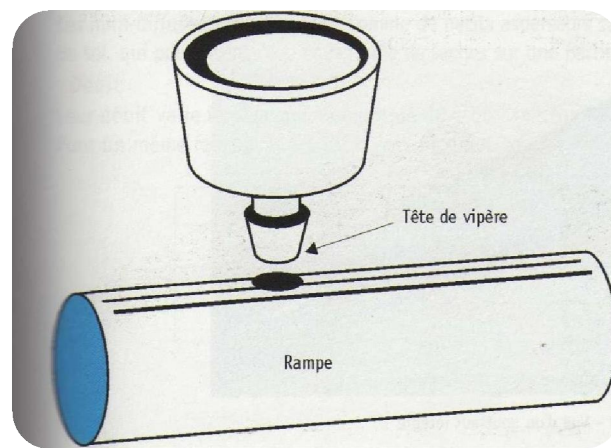


Figure I. 17 - Schéma du montage en dérivation du goutteur sur la rampe d'irrigation localisée (Source [4])

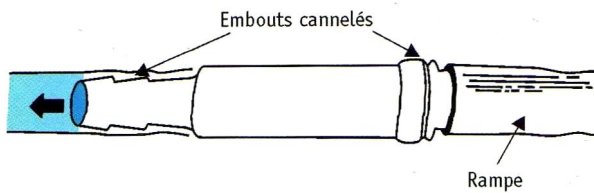


Figure I. 18 et I. 19 - Goutteurs montés en dérivation

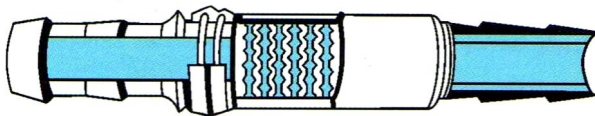
##### b) Les goutteurs en ligne

Constitués de deux éléments assemblés en usine, ils s'insèrent dans la rampe par l'intermédiaire deux embouts cannelés. Ce montage est effectué, après tronçonnage du tuyau,

à des intervalles réguliers qui varient selon les cultures auxquelles sont destinées les installations (écartements de 0,30 m à 2,5 m).



**Figure I. 20** - Montage d'un goutteur en ligne sur la rampe (Source [4])



**Figure I. 21** - Schéma du circuit de l'eau dans un goutteur en ligne (Source [4])



**Figure I.22** - Goutteur en ligne

### c) Les goutteurs intégrés :

L'élément portant le cheminement est mis en place dans le tuyau lors de son extrusion. Le tuyau n'est pas tronçonné. Comme dans le cas des goutteurs en ligne, les fabricants proposent différents écartements.



**Figure I. 23** - Goutteur intégré

#### 1.4.4.1.4.4 Sensibilité aux variations de pression

La relation entre Le débit d'un distributeur et la pression dans la rampe au niveau de celui-ci est de la forme:

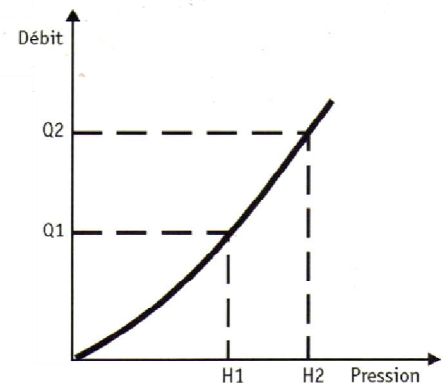
$$Q = K H^x$$

Où : Q = débit du goutteur (en l/h).

- K = constante dimensionnelle.
- H = pression s'exerçant dans la rampe (en m de colonne d'eau).
- x = exposant caractéristique du goutteur.

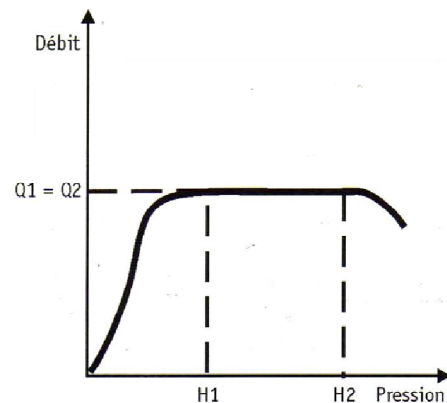
En fonction de la sensibilité de leur débit aux variations de pression, on peut classer les distributeurs en deux groupes :

*Les distributeurs non autorégulants* dont le débit varie en fonction de la pression dans la rampe (*figure I. 24*). Ils sont caractérisés par des valeurs de l'exposant  $x$  qui varient de 0,38 à 0,8 et sont d'autant moins sensibles aux variations de pression que la valeur de  $x$  est faible.



**Figure I. 24** - Relation débit-pression pour un distributeur non autorégulant

*Les distributeurs autorégulants*, dont le débit, dans une certaine plage de valeurs, est pratiquement indépendant de la pression. Ils sont caractérisés par une valeur de  $x$  voisine de 0 (*figure I. 25*). La régulation est obtenue par une membrane élastique qui obture plus ou moins le passage de l'eau selon la pression.



**Figure I. 25** - Relation débit-pression pour un distributeur autorégulant

#### 1.4.4.2 Caractéristiques et aptitudes des distributeurs

La qualité essentielle des distributeurs de micro-irrigation réside dans la régularité et la stabilité de leur débit qui dépendent notamment de:

- ✓ **l'homogénéité de fabrication** : qui doit garantir la régularité des caractéristiques des distributeurs d'un même type dans les lots de fabrication.
- ✓ **la tolérance aux variations de pression** : qui caractérise la sensibilité du débit du distributeur aux variations de pression.
- ✓ **la sensibilité au bouchage** : par les éléments transportés dans l'eau d'irrigation.

Une appréciation de l'aptitude d'un distributeur pour chacun de ces trois critères peut être faite à partir des résultats d'essais, suivant une échelle d'appréciation établie par le Conseil Supérieur de la Mécanisation et de la Motorisation de L'Agriculture (CSMMA).

Ces critères et le classement d'un certain nombre de distributeurs à la suite d'essais réalisés par le Cemagref sont donnés ci-après.

#### 1.4.4.2.1 Les essais :

Les protocoles utilisés pour ces différents tests sont définis dans la norme ISO 9261

##### 1.4.4.2.1.1. Le test d'homogénéité de fabrication :

Consiste à déterminer le coefficient de variation CV, calculé à partir de mesures de débit  $q$  effectuées sur 25 exemplaires neufs, à une température de l'eau et à une pression déterminée:

$$CV \% = \frac{\sigma(q)}{\bar{q}}$$

Avec : -  $\sigma(q)$  : écart type du débit  
-  $\bar{q}$  : débit moyen

##### 1.4.4.2.1.2. La sensibilité à la pression :

La sensibilité à la pression est traduite par la valeur de l'exposant  $x$  de la loi débit-pression du distributeur :

$$Q = KH^x$$

Les coefficients  $K$  et  $x$  sont calculés à partir des débits moyens de 4 exemplaires de distributeur choisis suivant une procédure normalisée, pour des pressions variant par palier de 0, 5 bar.

##### 1.4.4.2.1.3. La sensibilité au bouchage :

La sensibilité au bouchage physique est mesurée sur les quatre exemplaires de distributeurs qui ont servi à l'essai précédent. L'essai comporte quatre phases successives de 40 heures, à la fin desquelles le débit de chaque exemplaire est mesuré, des particules minérales de granulométrie croissante déterminée étant ajoutées à l'eau à chaque phase.



**1.4.4.2.2 Critères de classement :**

**1.4.4.2.2.1. Homogénéité de fabrication :**

L'homogénéité de fabrication est appréciée à partir de la valeur du coefficient de variation CV, avec les classes et appréciations suivantes:

<i>Valeur de CV %:</i>	<i>0</i>	<i>5</i>	<i>10</i>	<i>15</i>
<i>Appréciation par classe</i>	<i>Très bonne</i>	<i>Bonne</i>	<i>Médiocre</i>	<i>Mauvaise</i>
	<i>TB</i>	<i>B</i>	<i>Mé</i>	<i>Ma</i>

**Tableau I.2 : Classes d'appréciation de l'homogénéité des goutteurs en fonction du CV**

❖ **Remarque :**

*A une forte valeur de CV, correspond une hétérogénéité importante des débits avec comme conséquences un arrosage de mauvaise qualité, des apports irréguliers de fertilisants et un mauvais développement de la culture.*

**1.4.4.2.2.2. Tolérance aux variations de pression :**

La tolérance aux variations de pression est estimée à partir de la valeur de l'exposant x de la loi débit-pression, avec deux classifications, l'une pour les distributeurs non autorégulants, l'autre pour les distributeurs autorégulants.

➤ **Distributeurs non autorégulants :**

<i>Valeur de x:</i>	<i>0, 2</i>	<i>0, 5</i>	<i>0, 6</i>	<i>0, 8</i>
<i>Appréciation par classe</i>	<i>Très tolérant TT</i>	<i>Tolérant T</i>	<i>Peu tolérant PT</i>	<i>Très peu tolérant TPT</i>

**Tableau I.3 : Classes d'appréciation de la tolérance des goutteurs non autorégulants**

➤ **Distributeurs autorégulants:**

<i>Valeur de x:</i>	<i>0</i>	<i>0,05</i>	<i>0,10</i>	<i>0,15</i>	<i>0,20</i>
<i>Appréciation par classe</i>	<i>Très faon TB</i>	<i>Bon B</i>	<i>Médiocre Mé</i>	<i>Mauvais Ma</i>	<i>Hors norme HN</i>

**Tableau I.4 : Classes d'appréciation de la tolérance des goutteurs autorégulants**

❖ **Remarque :**

*La connaissance de X permet avec la loi de perte de charge de la rampe de déterminer les longueurs maximales admissibles pour conserver une bonne homogénéité des débits et de prendre également en compte les variations liées à la topographie.*

**1.4.4.2.2.3. Sensibilité à l'obstruction physique:**

La sensibilité à l'obstruction est appréciée à partir du comportement du distributeur au cours des quatre phases d'essai d'obstruction, avec recommandation de la finesse de filtration à adopter pour éviter l'obstruction :

<i>Comportement</i>	<i>Appréciation par classe</i>	<i>Finesse de filtration</i>
<i>Le distributeur s'est bouché en 1<sup>re</sup> phase</i>	Ultra sensible US	< 80 microns
<i>Le distributeur s'est bouché en 2<sup>e</sup> phase</i>	Très sensible TS	80 microns
<i>Le distributeur s'est bouché en 3<sup>e</sup> phase</i>	Sensibles S	100 microns
<i>Le distributeur s'est bouché en 4<sup>e</sup> phase</i>	Peu sensible PS	125 microns
<i>Le distributeur ne s'est pas bouché en 4<sup>e</sup> phase</i>	Très peu sensible TPS	150 microns

**Tableau I.5 : Classes d'appréciation de la sensibilité des goutteurs à l'obstruction physique (Source [4])**

**1.4.4.3 Le choix du type de distributeur:**

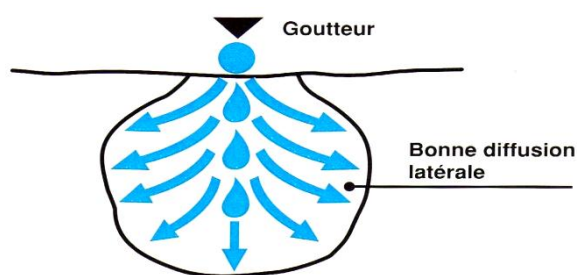
En irrigation localisée, le choix du type de distributeur est important. Il conditionne l'uniformité de la répartition de l'eau sur la parcelle, le niveau de filtration de l'eau, le type de maintenance à assurer, la pérennité des équipements. Il déterminera la conception du projet. Le choix du type de distributeur doit tenir compte:

- ✓des caractéristiques du sol.
- ✓de la nature des cultures.
- ✓de la qualité de l'eau.
- ✓de la configuration des parcelles.
- ✓du coût de l'installation.

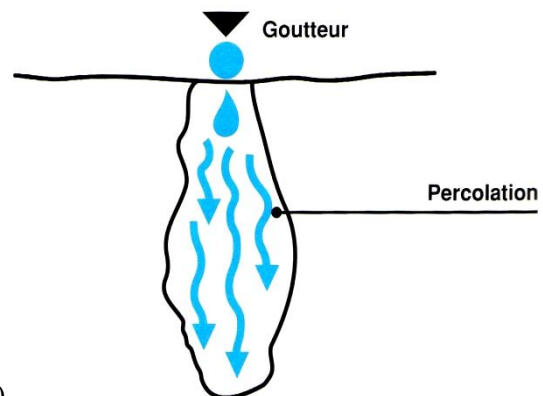
**1.4.4.3.1. Les caractéristiques du sol :** elles doivent être considérées en premier lieu pour le choix du type de distributeur. Il faut se rappeler que le sol doit transmettre l'eau aux racines par diffusion verticale et latérale (voir principes de fonctionnement). Celle-ci joue un rôle d'autant plus important que le mode d'apport est localisé (goutteurs).

Sur des sols de **perméabilité moyenne**, qui assurent une bonne diffusion latérale (*figure I.26*), des goutteurs de 2 ou 4 L/h conviennent et conduisent à des investissements moindres que les diffuseurs à plus forts débits.

Dans les sols à **forte perméabilité**, comportant des matières grossières, ainsi que dans certains sols **argileux gonflants** dont la dessiccation provoque la formation de grosses fentes de retrait, l'eau a tendance à percoler en profondeur (*figure I.27*), sans diffuser latéralement. Dans ces cas, on choisira de préférence des mini-diffuseurs, qui arrosent une surface de sol de 1 à quelques m<sup>2</sup>.



**Figure I.26** – La diffusion latérale dans les sols moyennement ou peu perméables (le bulbe s'étale)  
(Source [4])



**Figure I.27** – La percolation dans les sols très perméables (le bulbe s'étoile)

**1.4.4.3.2. La nature des cultures :** elle intervient dans le choix des distributeurs compte tenu notamment de leur disposition et des façons culturales. On peut distinguer:

> **les cultures annuelles** qui nécessitent de dérouler ou enrouler les rampes à la mise en place de la culture et pour La récolte. Il faut éviter d'utiliser des goutteurs en dérivation qui font saillie sur les rampes. On choisira plutôt des goutteurs en ligne, des goutteurs intégrés dans les rampes, ou des gaines.

> **les cultures pérennes**, telles que les arbres fruitiers, les vignes, dans lesquelles les installations sont fixes peuvent recevoir tous les types de distributeurs, si La nature du sol le permet. Les goutteurs de 4 l/h sont les plus employés.

> **les cultures maraîchères** sont le plus souvent équipées avec des goutteurs de 2 l/h ou des gaines souples.

> **les cultures hors sol** sont irriguées par des capillaires ou des goutteurs de 2 l/h montés en dérivation sur des tubes conducteurs;

> **les grandes cultures** sont rarement irriguées par irrigation localisée en France, du

fait du coût d'installation élevé de ce mode d'irrigation (densité importante des distributeurs et des rampes).

**1.4.4.3.3. La qualité de l'eau :** elle est un élément essentiel en irrigation localisée. En effet, elle détermine le niveau de risque de colmatage. Elle est d'autant moins bonne qu'elle contient des éléments susceptibles de boucher les distributeurs. Ces éléments sont de nature physique, chimique ou biologique.

☞ *Une analyse de l'eau est nécessaire pour mieux cerner les risques et choisir les distributeurs en conséquence.*

Lorsque les eaux sont de qualité médiocre ou mauvaise, on apportera une attention particulière à la sensibilité des distributeurs à l'obstruction.

Si l'on doit utiliser des distributeurs autorégulants, on choisira de préférence ceux qui sont à chicanes avec une longueur de cheminement la plus grande possible.

**1.4.4.3.4. La configuration des parcelles :** c'est-à-dire leur topographie, leur forme, leurs dimensions, doivent être prises en compte pour choisir le type de distributeur.

Lorsque la topographie est douce et qu'il est possible d'implanter des rampes de longueur limitée, les différents type de goutteurs non-autorégulants sont préférables, car ils sont moins sensibles au bouchage et moins chers que les goutteurs autorégulants. Cependant, pour conserver une bonne répartition de l'eau, on choisira de préférence des goutteurs à chicane, peu sensibles aux variations de pression.

Dans le cas d'une topographie accentuée, d'une parcelle de forme très irrégulière ou de grandes dimensions, sur laquelle il n'est pas possible de limiter la longueur des rampes, on utilisera des goutteurs autorégulants ou des capillaires. Il faut vérifier, après calcul des débits linéaires des rampes, compte tenu de la pente, que les pressions dans Les rampes restent dans la plage de fonctionnement des goutteurs. Les longueurs de capillaires seront choisies en fonction des pressions et des débits souhaités.

**1.4.4.3.5. Le coût de l'installation :** il doit être considéré dans sa globalité, c'est-à-dire en tenant compte du coût des équipements et des charges annuelles qui en découlent, en fonction de leurs durées de vie; mais aussi du coût de la main-d'œuvre nécessaire à la mise en œuvre de l'installation.

**1.4.4.3.6. Le coût des équipements** dépend du choix des distributeurs, du type de filtration nécessaire et du dispositif choisi pour l'implantation des porte-rampes et des rampes. Pour une même parcelle, ce coût peut varier de 20 à 30%.

La station de filtration (filtre à sable + filtre à tamis) est un poste onéreux qui doit s'amortir sur au moins 3 à 4 ha. La durée de vie des équipements peut aller d'une seule campagne d'irrigation (gaine souple jetable) à 10 ou 15 ans.

**1.4.4.3.7. Le coût de la main-d'œuvre** dépend également du choix du type de distributeur. Suivant les cas, leur mise en œuvre exigera un temps de travail plus ou moins long. On peut classer par ordre croissant d'exigence:

- les gaines.
- les goutteurs en ligne.
- Les goutteurs en dérivation.
- Les capillaires.
- les mini-diffuseurs.

🔗 **Conclusion** : Le choix du type de distributeur le mieux adapté au problème posé sera l'aboutissement d'un compromis raisonné entre plusieurs exigences, d'abord technique puis économique. Par conséquent, il faut que celui qui a la responsabilité de ce choix soit bien informé:

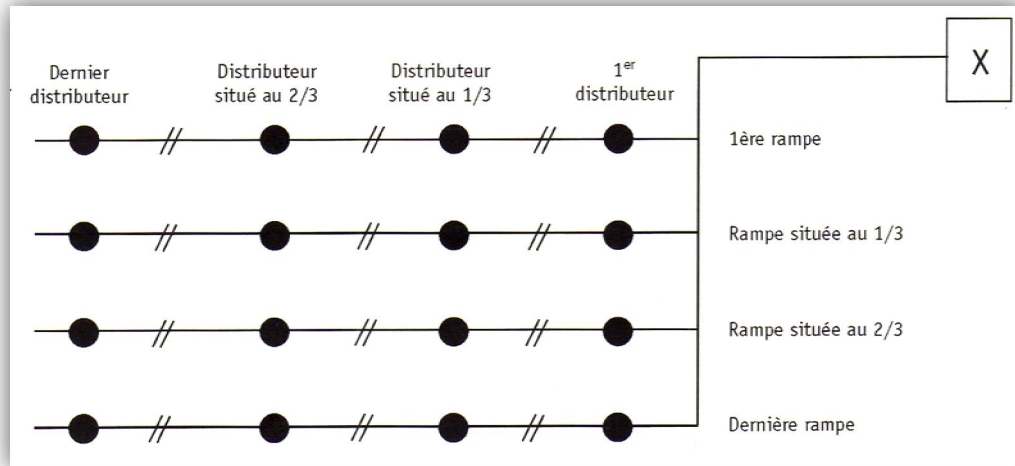
- des besoins en eau à satisfaire.
- des exigences imposées par la nature du sol et par le type de culture.
- des pratiques culturales.
- de la qualité de l'eau d'irrigation.
- de la configuration des parcelles à irriguer.

Le ou Les types de distributeurs les mieux adaptés techniquement seront ceux qui réaliseront le meilleur compromis entre leurs propres performances et les caractéristiques du milieu dans lequel ils seront placés. Les critères d'ordre économique n'interviendront ensuite que pour sélectionner le type de distributeur le mieux placé sur le plan du rapport qualité-prix, par rapport aux objectifs de production.

#### 1.4.4.4 Contrôler l'uniformité des débits :

Pour contrôler l'uniformité des débits la procédure suivante pourra être appliquée au champ :

1. Mesurer sur au moins quatre rampes le débit d'au moins quatre distributeurs (figure I.28)



**Figure I.28** – Location des points de mesure des débits sur installation d'irrigation localisée (Source [4])

2. Choisir :

✓ La première et la dernière rampe, celles qui se trouvent au tiers et aux deux tiers de la longueur du porte-rampes.

✓ sur chacune de ces rampes, le premier et le dernier distributeur, ceux qui se trouvent au tiers et aux deux tiers de la longueur de la rampe.

3. Classer les débits mesurés par ordre croissant.

4. Calculer:

✓ la moyenne de l'ensemble des débits mesurés



$$\bar{q} = \frac{\text{Somme des 16 valeurs}}{16}$$

✓ la moyenne des 4 mesures de débit les plus faibles



$$\bar{q}_{min} = \frac{\text{Somme des 4 valeurs des débits les plus faibles}}{4}$$



Le coefficient d'uniformité est:

$$Cu \% = \frac{\bar{q}_{min}}{\bar{q}}$$

- ☞ *Si Cu est supérieur à 90 il n'y pas lieu d'intervenir sur le réseau.*
- ☞ *Si Cu est compris entre 90 et 70 le réseau doit être nettoyé.*
- ☞ *Si Cu est inférieur à 70, il faut rechercher Les causes du colmatage et traiter.*

## **2. NORMES**

### **2.1 Définition :**

Les normes sont des documents élaborés par consensus par des groupes de travail et comités techniques pour définir les conditions mécaniques, fonctionnelles et autres auxquelles doivent satisfaire les équipements d'irrigation (qualité d'exécution, matériaux, dimensions, pressions, méthodes d'essai, fourniture et distribution). L'élaboration permanente de nouvelles normes répond au rythme accéléré du développement technologique dans le domaine des techniques d'irrigation sous pression.

Certaines normes anciennes peuvent toutefois donner une indication des conditions fondamentales. Toutes les conduites, raccords et autres équipements d'irrigation sont fabriqués selon diverses normes appliquées dans les pays d'origine du matériel. Ces normes, bien qu'équivalentes les unes aux autres, varient en termes de mode de dimensionnement, de classification, de facteur de sécurité et de nomenclature. L'Organisation Internationale de Standardisation (ISO) a déployé des efforts techniques considérables pour établir des normes et spécifications internationales, de manière à rendre conformes toutes les normes nationales et régionales.

### **2.2 À quoi servent les normes?**

Le terme norme est souvent interprété dans un sens étroit, en désignant seulement les documents qu'on appelle normes. En fait, le terme norme doit être compris non seulement dans le sens des documents normatifs eux-mêmes, mais s'applique aussi aux fonctions, procédures et institutions de la démarche de normalisation dans son ensemble. Tous les aspects de ce processus sont importants pour des marchés en développement et, quand ils sont présents, ils peuvent y amener des évolutions significatives. La normalisation donne les moyens:

- ✓ de fournir des référentiels techniques complets sur les matériels, équipements et systèmes, avec des spécifications précises, pour savoir ce dont on parle et faciliter les échanges entre les pays: la normalisation propose un langage technique commun.
- ✓ d'assurer l'interchangeabilité des matériels, la compatibilité entre marques, proposer

des spécifications dimensionnelles communes exprimées dans les unités SI.

- ✓ de contrôler ce qu'on achète et installe, soit en essayant les lots de matériel livré, soit par le développement de la certification.
- ✓ de contrôler les installations à la parcelle, en mesurant leurs performances réelles et en donnant aux utilisateurs une meilleure connaissance et la capacité opérationnelle d'ajuster et d'améliorer le pilotage et la gestion de leur installation.

### **2.3 Pourquoi une normalisation en matière d'irrigation?**

Le caractère mondial de l'utilisation et du développement de l'irrigation, aussi bien dans les pays arides et semi-arides que dans les pays plus humides où l'on pratique l'irrigation de complément, a eu pour conséquence le développement d'une importante industrie de l'irrigation. De nombreux matériels et équipements sont proposés sur le marché et font l'objet d'importants échanges commerciaux internationaux.

La qualité et le niveau de performance de ces matériels sont des facteurs essentiels de l'efficacité et de la durabilité des systèmes d'irrigation qu'ils constituent, Les travaux de l'ISO (*International organization for standardization*) s'inscrivent dans une telle perspective internationale, et constituent un référentiel technique minimal commun pour les échanges.

*La liste des normes européennes et internationales applicables ou en préparation en 1997 dans le domaine de l'irrigation est citée sur l'annexe I*(Source [8]).

## **3. Réutilisation des eaux usées épurées :**

### **3.1 Utilisation de l'irrigation localisée pour la réutilisation des eaux usées épurées**

#### **3.1.1. Avantages :**

- ✓ Un système très efficient en eau (95% d'efficience)
- ✓ L'adaptation aux conditions du terrain (topographie, facilité des travaux culturaux,...)
- ✓ Economie d'eau et d'énergie
- ✓ Utilisation d'eaux usées épurées
- ✓ Petits débits : fonctionnement sous basse pression par apport aux réseaux a haute pression
- ✓ Control des quantités d'eau et de fertilisants apportées.
- ✓ Dépôts de sel en surface de la parcelle, ou sur les périphéries des bulbes humides (Eviter les dépôts de sel au voisinage de la zone racinaire et sur les feuillues et les fruits).
- ✓ Amélioration des rendements des cultures



### **3.1.2. Inconvénients :**

- ✓ Sensibilité au colmatage : la performance de l'irrigation localisée est fortement liée à la qualité des eaux d'irrigation
- ✓ distribution de l'humidité : la distribution de l'humidité en micro irrigation, dépend en grande partie du type de sol, l'espacement et le nombre de goutteurs.
- ✓ Accumulation de sel : il est clair qu'on peut utiliser les eaux salines avec la micro-irrigation, toutefois les sels accumulés en surfaces des zones humides, peuvent être lessivés vers la zone racinaire après une période de précipitation.
- ✓ Coûts initial d'installation et coûts d'entretien.

### **3.2 Le colmatage des distributeurs du réseau de goutte-à-goutte :**

Le réseau de goutte-à-goutte permet de distribuer l'eau ou la solution nutritive de façon précise directement au niveau des racines des plantes. L'homogénéité du débit est grandement réduite par le colmatage, partiel ou complet, des émetteurs. Il devient alors extrêmement difficile d'arroser uniformément la culture, ce qui entraîne inévitablement une baisse de la productivité. Les risques du colmatage dépendent de la nature de l'eau d'irrigation (origines et traitements) et des caractéristiques propres au goutteur (type de cheminement, principe de fonctionnement hydraulique, taille de la section minimale de passage de l'eau etc.).

Comme sur une installation en fonctionnement il est difficile de déceler les distributeurs bouchés, et onéreux, voire impossible de les nettoyer ou de les remplacer, il est important de connaître la sensibilité au colmatage d'un modèle de goutteur donné et de protéger le réseau par une filtration adaptée. Très lié à la nature de l'eau, le colmatage des distributeurs peut avoir trois origines: minérale, chimique ou biologique, mais il est généralement causé par une association de ces différents facteurs.

#### **3.2.1. Le colmatage minéral**

Le colmatage minéral a pour origine les particules de sable, de limon ou d'argile et les débris présents dans les eaux de surface et dans les eaux de profondeur sont trop grands pour passer à travers les orifices des distributeurs. Les particules de dimension supérieure à 100 µm sont arrêtées par la plupart des filtres à tamis ou à disques. Les filtres à sable arrêtent des éléments plus fins tels que les matériaux colloïdaux et organiques habituellement présents dans les eaux de surface (algues et gels bactériens)

Les particules contenues dans l'eau d'irrigation agissent de deux façons :

✓ *par colmatage brutal* : la taille des particules est supérieure à la section de passage de l'eau à travers le goutteur (particules de sable).

✓ *par colmatage lent ou limonage* : les particules les plus fines se déposent lentement, s'agglomèrent et forment des dépôts plus importants dans les distributeurs ou dans des zones de faible vitesse (floculation des argiles).

### **3.2.2. Le colmatage chimique**

Le colmatage chimique résulte de la précipitation du calcium, du magnésium, du fer ou du manganèse qui forment des incrustations et colmatent partiellement ou totalement l'orifice de sortie de l'eau du goutteur. Si l'eau contient ces éléments de façon significative avec un pH supérieur à 7, les risques sont importants.

La mise à l'air libre des eaux riches en gaz carbonique et en calcium provoque, au niveau de la sortie des distributeurs, le dégazage du CO<sub>2</sub> et le dépôt localisé de carbonate de calcium (Ca CO<sub>3</sub>) sous forme d'écailles. Ce phénomène est favorisé par l'évaporation de l'eau à la sortie des distributeurs et par l'injection d'engrais qui modifie les propriétés physico-chimiques de l'eau.

Le fer est une autre source potentielle de dépôts qui peut boucher les distributeurs, dans les eaux souterraines, il est souvent dissout sous forme de bicarbonate de fer qui exposé à l'air est oxydé en forme insoluble ou colloïdale et précipite (eaux rouges).

### **3.2.3. Le colmatage Biologique**

Les eaux de surface utilisées en irrigation localisée contiennent deux types de matière organique :

✓ La matière organique morte (inerte) formée par des particules de grandes dimensions (plantes, herbes, feuilles partiellement décomposées) et par des particules de faibles dimensions (restes de protozoaires, de bactéries ou d'algues).

✓ La matière organique vivante est formée par les spores des algues, les algues elles-mêmes, les colonies de bactéries ainsi que par certains champignons qui se développent dans les canalisations où ils trouvent les éléments nutritifs nécessaires à leur croissance.

Le colmatage biologique est difficile à maîtriser et les problèmes s'aggravent si les eaux possèdent une activité biologique importante et une teneur élevée en fer et en hydrogène sulfuré.

La matière organique morte et les algues pluricellulaires de taille supérieure à 50 ou à 100 microns sont arrêtées par les filtres à sable mais les algues plus petites traversent les filtres, flocculent et colmatent les distributeurs. Les algues les plus fréquentes généralement de type chlorophycées qui ont besoin de lumière pour leur photosynthèse ne peuvent croître à l'intérieur des conduites en polyéthylène opaque et se développent donc au niveau de l'orifice des distributeurs.

Les systèmes d'irrigation localisée peuvent produire un environnement favorable au développement des bactéries aboutissant à la formation de gel qui, se combinant avec des particules minérales (argile, limon) ou organiques (algues, spores) forment des agrégats suffisamment importants pour boucher les distributeurs. Certaines bactéries sont également responsables de problèmes de colmatage. Ainsi les bactéries ferrugineuses se fixent sur les canalisations et oxydent le fer ferreux en fer ferrique insoluble en formant un gel appelé ocre. Certaines bactéries filamenteuses oxydent l'hydrogène sulfuré (H<sub>2</sub>S) présent parfois dans les eaux de profondeur et produisent des précipités filamenteux, de couleur jaune ou blanche qui se combinent avec les autres matériaux contenus dans l'eau d'irrigation.

*Deuxième Partie :*



*Méthodes Et Matériels*

## ***Deuxième Partie Matériels Et Méthodes***

### **1. Introduction :**

Pour étudier les performances et fiabilités des goutteurs et contrôler les caractéristiques techniques des équipements d'irrigation (les canalisations de polyéthylène) et leur fonctionnement, nous avons fait des tests au sein du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation qui fait partie de l'Institut National Des Sols, de l'Irrigation et du Drainage D'Alger.

En parallèle, et dans l'optique d'étudier les problèmes techniques posés par la réutilisation des eaux usées épurées par l'irrigation localisée (la micro-irrigation), nous avons mené une étude sur le terrain qui consiste à tester du matériel d'irrigation localisée en conditions réelles soumis à des apports répétés d'EU traitées. On suivra le colmatage des distributeurs et l'homogénéité des débits sortants des goutteurs d'une installation prototype représentant deux réseaux de micro irrigation placés derrière le laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.

Ces tests ont porté sur les équipements d'irrigation fournis par trois constructeurs (Goutteurs et conduites locaux ; goutteur AIT Italy étranger).

### **2. Description des sites d'études et du protocole expérimental :**

#### **2.1 Description des sites expérimentaux :**

##### **2.1.1 Description du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation :**

Le laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation est le fruit de la coopération Algéro-Espagnole entre le MADR et l'Agence Espagnole de Coopération Internationale pour le développement.

Il est équipé actuellement de quatre bancs d'essai basiques et sera complété au fur et à mesure (voir photos – *Annexe II.A*).



**Figure II.1** – Le Laboratoire du L'INSID

Les bancs d'essais sont:

- Banc d'essai goutte à goutte.
- Banc d'essai d'aspersion.
- Banc d'essai de résistance des matériaux.
- Banc d'essai de durabilité des asperseurs.

Pour le banc d'essai de la résistance des matériaux, nous avons quatre essais :

- ✓ Essai de détermination de la teneur en noir de carbone par calcination et pyrolyse.
- ✓ Essai de détermination de la dispersion du noir de carbone
- ✓ Essai de détermination du temps d'induction à l'oxydation
- ✓ Essai de détermination de la résistance à la pression interne

### 2.1.2 Description du site expérimental au niveau de l'Ecole Nationale Supérieure d'Hydraulique :

Nous avons réalisé une installation prototype représentant deux réseaux de micro irrigation placés derrière le laboratoire de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Hydraulique.

*Les différents matériels utilisés sont décrits en détail dans l'annexe II.B.*



**Figure II.2** – Le site expérimental d'E.N.S.H

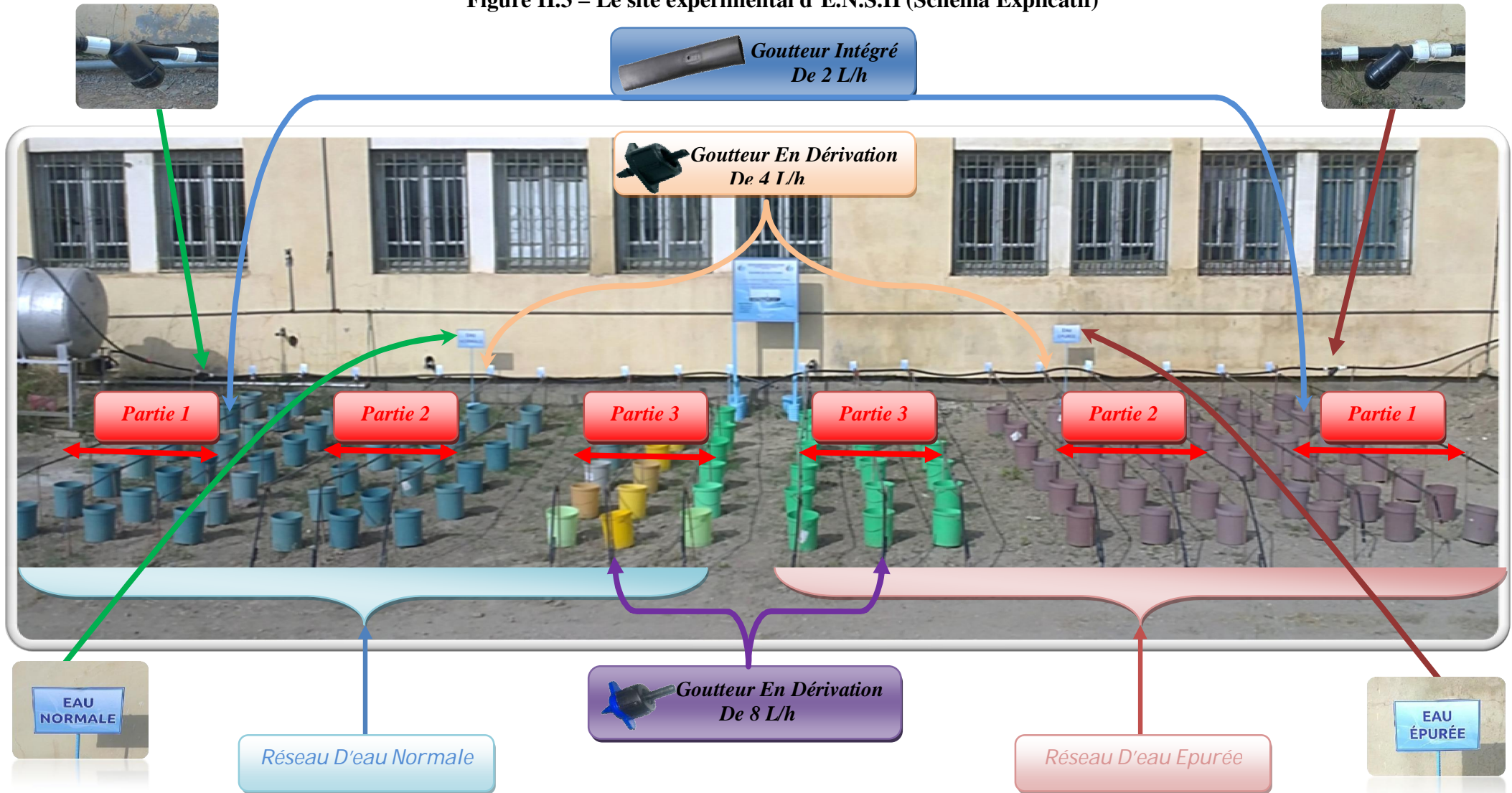
L'objectif de ces dispositifs expérimentaux installés est le suivi in situ de la sensibilité des différents goutteurs au colmatage.

Nous avons travaillé sur une surface de 160 m<sup>2</sup> (20m x 8m), sur laquelle nous avons disposé deux réseaux d'irrigation localisée, tel que le premier réseau est destiné à l'eau normale ou conventionnelle du robinet par contre l'autre réseau est alimenté par l'eau épurée de la station de traitement et d'épuration des eaux usées du CHENOUA de la wilaya de Tipaza ,cette eau est stockée dans une bache d'eau enterrée près de notre réseau.



Chaque réseau est constitué de trois parties contenant trois rampes. Chaque partie comporte un type du goutteur qu'on le doit tester.

Figure II.3 – Le site expérimental d'E.N.S.H (Schéma Explicatif)



## 2.2 Protocoles expérimentaux suivis sur les deux sites :

### 2.2.1. Protocol expérimental suivi sur laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation INSID:

Puisque nous sommes dans le cas d'irrigation localisée, nous avons utilisé :

➤ *le banc d'essai goutte à goutte* : Le banc d'essai est conçu pour permettre la détermination du coefficient de variation de fabrication des goutteurs, et de la courbe caractéristique selon la méthode indiquée dans la norme ISO 9261 ou UNE 68075, pour toute sorte de goutteurs ainsi que pour les tuyauteries émettrices.

➤ *le banc d'essai de résistance des matériaux* : nous avons fait l'essai de détermination de la teneur de noir de carbone par calcination et pyrolyse.

#### 2.2.1.1 Protocol expérimental suivi sur le banc d'essai goutte à goutte :

##### 2.2.1.1.1 Identification du matériel à tester :

Nous avons testé deux types de goutteur autorégulant du même fabricant (**fabrication algérienne**), ayant des débits nominaux de 4 et 8 L/h référence normative est : *ISO 9261 :2004 : MATERIEL AGRICOLE D'IRRIGATION, Distributeurs et tuyaux-distributeurs.*

##### 2.2.1.1.2 Condition de l'essai :

- ✓ La température de l'eau durant l'essai :  $23 \pm 3^{\circ}\text{C}$ .
- ✓ Précision de la mesure : 1% Pression P, 0.5% Débit Q.
- ✓ L'eau filtrée à 75-100  $\mu\text{m}$
- ✓ la pression ne doit pas varier de plus de 2 %.
- ✓ Echantillon contenant au moins 25 goutteurs pris au hasard.
- ✓ La pression maximale du goutteur : 4 bars
- ✓ La pression minimale du goutteur : 1 bar
- ✓ Répétition : deux fois.

##### 2.2.1.1.3 Procédures de l'essai :

**A.** Détermination du coefficient de variation (CV) selon la norme ISO9261. Pour calculer le CV du goutteur, on collecte un volume d'eau bien défini durant un temps bien défini à partir des 25 goutteurs à la pression moyenne du goutteur ensuite on calcule le CV selon la formule suivante :

$$CV = \frac{\sigma q}{\bar{q}} * 100$$



**B.** Détermination de la courbe caractéristique selon la norme ISO9261 : Pour la détermination de la courbe caractéristique (débit-pression) on soumet les 25 goutteurs à leurs pression minimale ensuite on l'augmente avec un intervalle de 50 KPa jusqu'à arriver à une pression  $1.2P_{max}$  après elle descend jusqu'à la pression minimale avec des intervalles de 50KPa.

**C.** Déterminations de la valeur de m et k selon les relations suivantes :

$$m = \frac{\sum(\lg p_i) (\lg \bar{q}_i) - \frac{1}{n} (\sum \lg p_i) (\sum \lg \bar{q}_i)}{\sum(\lg p_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \lg p_i)^2}$$

$$k = e^{\left[ \frac{\sum \ln \bar{q}_i}{n} - \frac{m \times \sum \ln p_i}{n} \right]}$$

**2.2.1.2 Protocole expérimental suivi sur le banc d'essai de la résistance des matériaux :**

**2.2.1.2.1 Identification du matériel à tester :**

Nous avons testé deux types du tube PE (Polyéthylène) du même fabricant (**fabrication algérienne**):

	<i>Diamètre</i> $\varnothing$ (mm)	<i>Epaisseur</i> <i>e</i> (mm)	<i>Pression Nominal</i> <i>PN</i> (bar)
<i>PEHD (PE80)</i>	25	2.0	10
<i>PEBD</i>	20	1.3	2.5

**Tableau II.1-** Les conduites testés

La référence normative est : **ISO 6964** (l'essai de détermination de la teneur en noir de carbone).

**2.2.1.2.2 Procédures de l'essai :**

**A. L'essai de détermination de la teneur en noir de carbone :**

Nous avons utilisé dans cet essai le testeur de noir en carbone, cet appareil est utilisé afin de déterminer la teneur en noir de carbone des poly-oléfiniques, la méthode d'essai se base sur la pyrolyse de matière plastique dans un flux de gaz inerte (azote) à haute température.

Nous avons suivi les étapes suivantes :

- ☞ Pyrolyse à  $550 \pm 50^\circ\text{C}$  dans un courant **d'azote**, pendant 45 min, **d'une** quantité spécifiée de mélange, suivi d'une calcination à  $900 \pm 50^\circ\text{C}$

- ☞ Calcul la teneur en noir de carbone à partir de la différence des masses avant et après calcination et pyrolyse.

## 2.2.2 Protocole expérimental suivi sur le site expérimental de l'E.N.S.H :

### 2.2.2.1. Eaux utilisées pour l'expérimentation:

L'eau utilisée dans nos réseaux provient des conduites d'alimentation e eau potable pour ce qui est de l'eau normale et de la station d'épuration de Tipaza pour l'eau épurée.

#### 2.2.2.1.1. Eau usée épurée :

##### A. Localisation de la STEP :

La STEP est située à la sortie de la ville de Tipaza sur la route allant vers Chanoua. Elle est destinée à épurer les eaux résiduaires avant rejet dans l'oued Nador. Cette station prend en charge les rejets de TIPAZA, NADOR, SIDI MOUSSA et SIDI AMAR. Elle est fonctionnelle depuis janvier 2008.

La capacité nominale de la station d'épuration de Tipasa est de 70 000 équivalents habitants, elle a été conçue pour traiter un débit de 10 500 m<sup>3</sup>/j par le processus de boues activées à faible charge. Elle traite principalement les eaux usées urbaines domestiques.

##### B. Caractéristiques physico-chimique des eaux usées épurées:

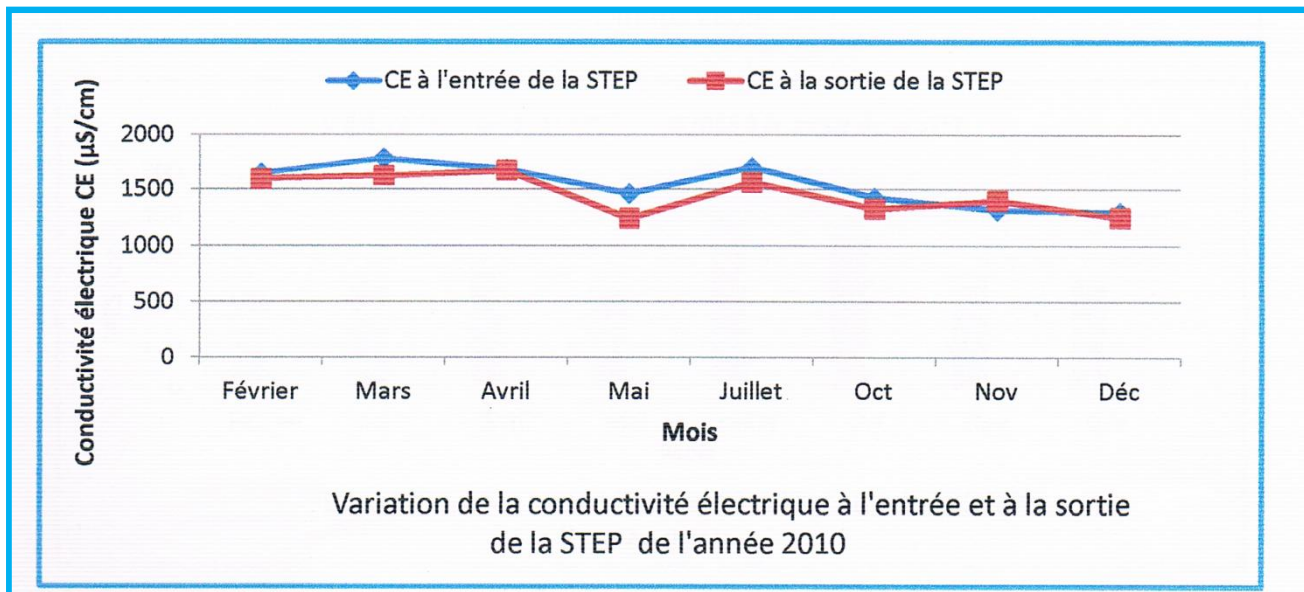
Les paramètres physico-chimiques sont principalement:

- ✓ **pH.**
- ✓ **La conductivité électrique.**
- ✓ **Les matières en suspension (MES).**

☞ Les valeurs de ces paramètres pour l'année 2010 sont représentées graphiquement ci après [*les graphes sont tirés du travail de: M.BOUCHAKOUR (2011)*] :

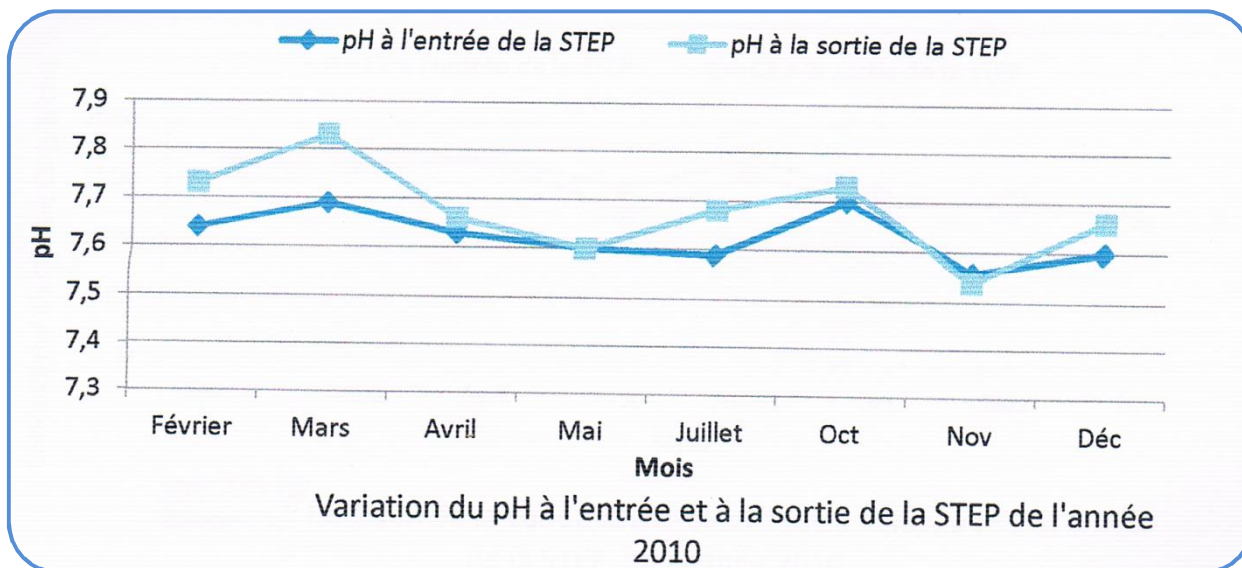
##### ➤ **Courbes des conductivités électriques:**

On constate que la conductivité électrique à la sortie de la STEP dépasse souvent 1500 uS/cm.



**Figure II.4** – Variation de la conductivité électrique à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010

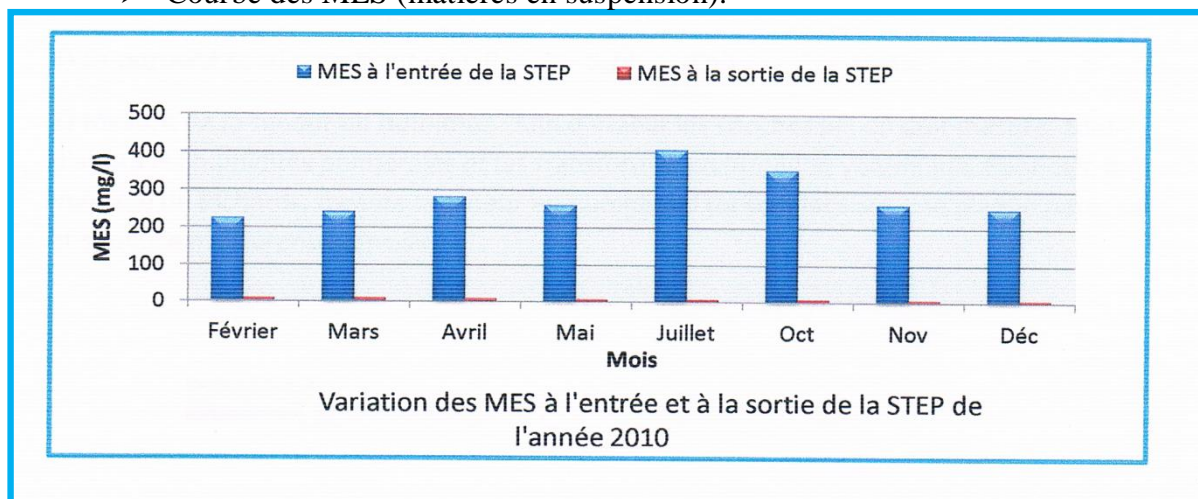
➤ **Courbes pH:**



**Figure II.5** – Variation du pH à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010

D'après les courbes, on constate que les pH à l'entrée de la STEP sont légèrement inférieurs aux pH à la sortie. Par conséquent ces valeurs sont dans les normes

➤ Courbe des MES (matières en suspension):



**Figure II.6** – Variation des MES à l'entrée et à la sortie de la STEP de l'année 2010

Pour l'année en cours et pour l'expérimentation, nous avons mesuré in situ de temps à autre à la sortie des goutteurs les valeurs de ces paramètres physicochimiques par échantillonnage avec leur température à l'aide d'un pH-mètre (**pH 3110**) et l'appareil de mesure de la conductivité portatifs (**Cond 3110**). Les mesures d'eau épurée sont reportées dans le tableau qui suit :

<i>Eau Epurée</i>							
	04/06 16:00	04/06 19:00	04/06 21:00	05/06 11:00	08/06 10:08	01/07 15:50	03/07 Matin
<i>T°</i>	23	20.3	19.1	21.4	21.5	23.3	25.5
<i>Ph</i>	8.02	7.92	7.99	8.08	8.25	8.4	8.013
<i>CE (µS/cm)</i>	2650	2760	3026	2852	2540	3130	2980

**Tableau II.2** – Les mesures des valeurs des paramètres physicochimiques d'eau épurée

↳ On remarque que le pH est légèrement alcalin et que la conductivité électrique est aussi très élevée. Pour les MES des eaux épurées ramenées au niveau de l'école étaient très chargées et les derniers volumes réceptionnés présentés une odeur d'essence. Les MES mesurées sont supérieures à 200mg/l

#### 2.2.2.1.2. Eau normale :

Pour l'eau potable nous avons aussi mesuré certains paramètres, et nous avons trouvé que le PH est légèrement alcalin et la conductivité électrique faible. Les mesures d'eau normale sont reportées dans le tableau qui suit :

<i>Eau Normale</i>										
	26/05 Matin	28/05 06:30	28/05 10:00	03/06 18:30	03/06 20:00	04/06 16:00	06/06 8:00	07/06 17:30	08/06 11:20	08/06 12:30
<i>T°</i>	22.3	16.7	17.2	20.7	17.9	23.8	23.5	21.16	22.1	23.2
<i>Ph</i>	7.95	8.37	8.36	8.16	8.22	8.4	8.24	8.2	8.22	8.18
<i>CE</i> ( <i>uS/cm</i> )	4.71	9.51	9.48	9.85	9.78	9.94	4.67	8.22	8.16	8.14

**Tableau II.3** – Les mesures des valeurs des paramètres physicochimiques d'eau normale

- ❖ **Remarque** : Les températures des eaux ont été prélevées afin de pouvoir étudier le phénomène de colmatage biologique. par manque de moyen et de temps nous n'avons pu le faire.

### 2.2.2.2. Les étapes suivies :

Nous avons effectué une série d'essais de fonctionnement de plus de 60 heures pour le réseau N°=1 (Eau conventionnelle) et 30 heures pour le réseau n° 2 (eau épurée), toutes les parties ont été concernées tel que pour :

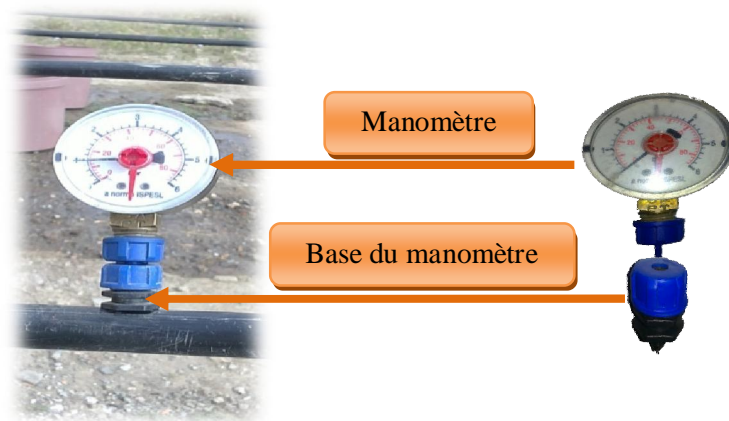
- ✓ *La première partie* : comporte 24 goutteurs intégrés espacés de 25 cm.

Huit goutteurs ont été choisis au hasard sur chacune de trois gaines souple-plate de 6 m de longueur et 16 mm de diamètre. Nous avons suivi la variation des débits de ces distributeurs durant la période d'expérimentation.

- ✓ *La deuxième et troisième partie* : nous avons suivi la variation de débit des 6 goutteurs existant espacés de 1m et placés en dérivation sur une rampe de 7 m de longueurs et de 20 mm de diamètre.

**A.** En premier lieu il faut régler la pression de service (1 bar) de chaque réseau à l'aide d'une vanne de réglage introduite juste après les deux pompes.

Nous pouvons mesurer et vérifier la pression souhaitable avec un manomètre et ses bases qui sont déjà placées en dérivation soit sur la conduite principale (au début et à la fin) soit sur les 18 rampes (3 bases par rampe « au début, au milieu, à la fin » pour les conduites **PEBD** et une base par **gaine souple** « au début »).



**Figure II.7**–Montage du Manomètre

**B.** En deuxième lieu mise en marche des deux systèmes alimentés en eau normale qui est déjà stockée dans un réservoir de **1000L** pour le premier réseau, et en eau épurée stockée dans notre bache d'eau pour le deuxième réseau.

Nous effectuons les mesures de débit (l/h) in situ sur les goutteurs durant tout le long de l'expérimentation (1 heure de temps pour chaque essai, compté à l'aide d'un chronomètre) et ce afin de pouvoir tracer la courbe de variation du débit, et détecter le temps d'apparition du phénomène de colmatage.

Les mesures du débit sont faites par la méthode volumétrique « débit =(volume/temps », en prélevant pour chaque goutteur le volume d'eau délivré durant un temps de 60 minutes, au moyen des seaux récupérateurs d'eau puis on mesure ses volumes à l'aide de béciers et un seau gradué.

**C.** la courbe Débit-Pression permet d'apprécier la sensibilité du goutteur à la pression traduite par la valeur de l'exposant x de la loi débit-pression du distributeur:  $Q = KH^x$

**D.** Nous avons calculé les coefficients K et x à partir des débits moyens de 4 exemplaires de distributeur choisis, pour des pressions variant par palier de 0, 5 bars dans un intervalle allant de 0.5 jusqu'à 2 bars de pression, avec 4 répétitions pour chaque valeur de pression.

*Troisième Partie :*



*Résultats Et Discussions*

## **Troisième Partie**

### **Résultats et Discussion**

#### **1. Résultats du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation et discussions :**

##### **1.1 Banc d'essai goutte à goutte :**

Le banc d'essai a pour rôle de déterminer les principales caractéristiques des différents types des goutteurs :

##### **1.1.1 Uniformité du débit (Détermination du coefficient de variation « CV » selon la norme ISO9261) :**

##### **1.1.1.1 Résultats d'essai :**

##### **A. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 4 L/h :**

Le tableau récapitule les débits émis par les 25 goutteurs pour une pression moyenne d'essai de 215 kps et le CV de goutteur (deux essais) :

N°goutteur	Q <sub>1</sub> (l/h)	Q <sub>2</sub> (l/h)	N°goutteur	Q <sub>1</sub> (l/h)	Q <sub>2</sub> (l/h)
<i>1</i>	4,365	4,43	<i>14</i>	4,314	4,383
<i>2</i>	3,696	4,04	<i>15</i>	4,241	4,433
<i>3</i>	5,222	4,244	<i>16</i>	4,143	4,234
<i>4</i>	4,187	3,893	<i>17</i>	4,214	4,641
<i>5</i>	4,317	4,378	<i>18</i>	6,419	4,552
<i>6</i>	6,426	5,966	<i>19</i>	3,968	4,253
<i>7</i>	4,288	4,342	<i>20</i>	5,695	4,327
<i>8</i>	4,533	4,548	<i>21</i>	4,42	4,282
<i>9</i>	4,475	4,535	<i>22</i>	4,562	4,434
<i>10</i>	4,411	4,595	<i>23</i>	4,306	4,327
<i>11</i>	4,267	4,748	<i>24</i>	4,347	4,337
<i>12</i>	5,765	5,605	<i>25</i>	4,886	4,535
<i>13</i>	5,536	5,809	<i>Q<sub>m</sub> (l/h)</i>	<i>4,68</i>	<i>4,555</i>
			<i>CV</i>	<i>15,68%</i>	<i>11,05%</i>
			<i>CV<sub>moy</sub></i>	<i>13,365 %</i>	

**Tableau III.1 – Résultats d'essai de détermination du coefficient de variation « CV » du goutteur 4 L/h**



**B. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 8 L/h :**

Le tableau récapitule les débits émis par les 25 goutteurs pour une pression moyenne d'essai de 215 kps et le CV de goutteur (deux essais):

N°goutteur	Q <sub>1</sub> (l/h)	Q <sub>2</sub> (l/h)	N°goutteur	Q <sub>1</sub> (l/h)	Q <sub>2</sub> (l/h)
<b>1</b>	12,315	12,696	<b>14</b>	8,604	8,438
<b>2</b>	6,439	6,54	<b>15</b>	7,004	6,644
<b>3</b>	6,383	6,533	<b>16</b>	13,06	12,792
<b>4</b>	6,685	6,477	<b>17</b>	10,636	8,005
<b>5</b>	6,34	7,669	<b>18</b>	6,763	8,538
<b>6</b>	6,426	6,256	<b>19</b>	10,683	7,133
<b>7</b>	6,793	6,806	<b>20</b>	5,972	14,882
<b>8</b>	7,012	7,635	<b>21</b>	7,167	7,185
<b>9</b>	7,433	6,29	<b>22</b>	10,361	9,449
<b>10</b>	6,694	6,394	<b>23</b>	6,851	7,206
<b>11</b>	6,769	6,345	<b>24</b>	7,117	7,012
<b>12</b>	12,673	6,83	<b>25</b>	6,191	6,132
<b>13</b>	7,87	7,671	<b>Q<sub>moy</sub> (l/h)</b>	<b>8,014</b>	<b>7,902</b>
			<b>CV (%)</b>	<b>27,5</b>	<b>28,78</b>
			<b>CV<sub>moy</sub> (%)</b>	<b>28,14</b>	

**Tableau III.2** – Résultats d'essai de détermination du coefficient de variation « CV » du goutteur 8 L/h

**1.1.1.2 Interprétation des résultats :**

**A. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 4 L/h :**

- ✓ le coefficient de variation du goutteur CV = 13,37% est supérieur à 7% (Seuil admissible aux normes internationales).
- ✓ Le débit moyen de l'essai s'écarte du débit nominal déclaré par le fabricant ( $q_n$  : 4 l/h) de plus de 7%.

☞ Ne répond pas à la norme ISO9261

## B. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 8 L/h :

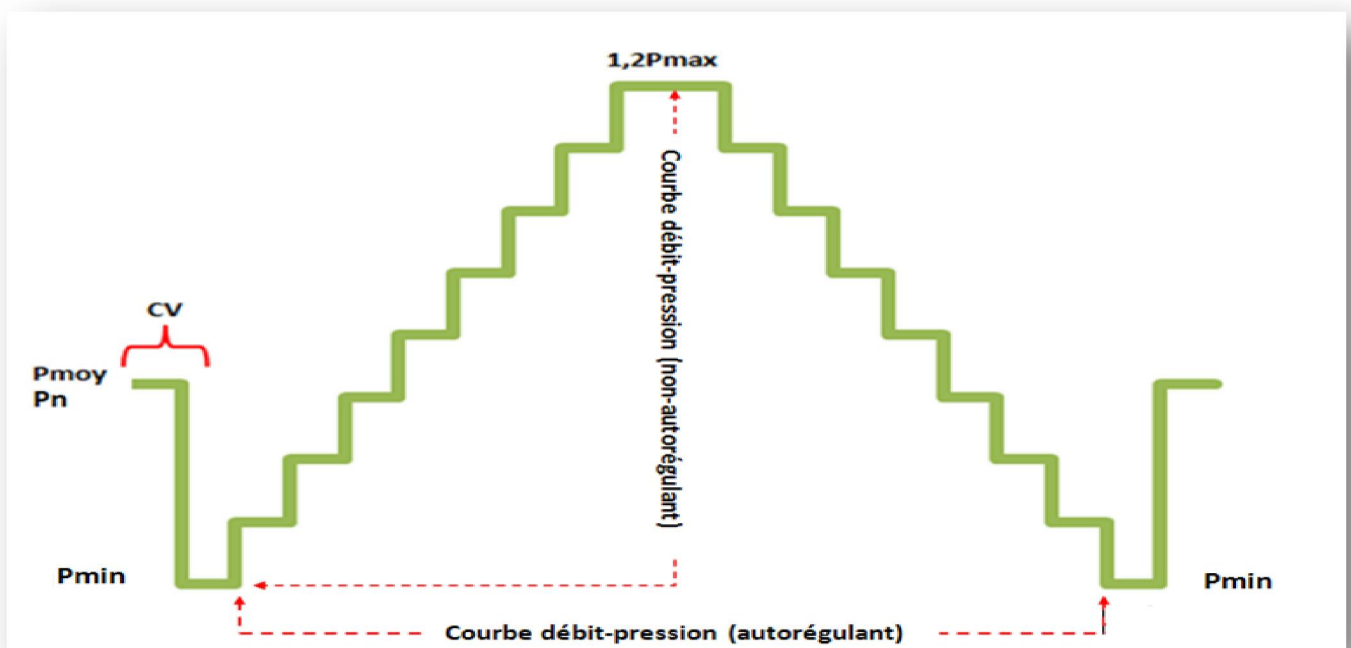
- ✓ le coefficient de variation du goutteur  $CV = 28.14\%$  est supérieur à 7%.
- ✓ Le débit moyen de l'essai s'écarte du débit nominal déclaré par le fabricant ( $q_n : 8 \text{ l/h}$ ) de plus de 7%.
- ☞ Ne répond pas à la norme ISO9261

☞ **Conclusion des essais :** Les 2 goutteurs ne sont pas conformes à la norme ISO9261.

Une autre caractéristique très importante est aussi déterminée par le banc d'essai c'est la variation du débit en fonction de la pression.

### 1.1.2 Courbe débit-pression

Pour tracer la courbe débit- pression on prend des pressions croissantes pour les goutteurs non-autorégulants et des pressions croissantes et décroissantes pour les goutteurs autorégulants.



**Figure III.1** - Différents niveaux de pression pour déterminer la courbe débit-pression des goutteurs autorégulants et non autorégulants (Source [1]).

#### 1.1.2.1 Résultats d'essai :

##### A. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 4 L/h :

Le tableau récapitule les débits moyens des 25 goutteurs en fonction de la variation de pression (deux essais):

Pression (kps)	Q <sub>1</sub> (l/h)	Q <sub>2</sub> (l/h)	Q <sub>moy</sub> (l/h)
215	4,68	4,555	4,6175
46,667	4,89	4,617	4,7535
93,333	4,734	4,49	4,612
140	4,661	4,453	4,557
186,667	4,7	4,572	4,636
233,333	4,797	4,681	4,739
280	4,886	4,757	4,8215
326,667	4,924	4,802	4,863
373,333	4,906	4,795	4,8505
420	4,903	4,778	4,8405
420	4,868	4,744	4,806
373,333	4,786	4,659	4,7225
326,667	4,703	4,578	4,6405
280	4,624	4,489	4,5565
233,333	4,511	4,392	4,4515
186,667	4,407	4,271	4,339
140	4,326	4,152	4,239
93,333	4,357	4,14	4,2485
46,667	4,552	4,297	4,4245
215	4,534	4,456	4,495

**Tableau III.3** –Résultats d’essai de détermination de la courbe Débit-Pression (goutteur4 L)

**B. Goutteur de fabrication algérienne Autorégulant De 8 L/h :**

Le tableau récapitule les débits moyens des 25 goutteurs en fonction de la variation de pression (deux essais) :

Pression (kps)	Q <sub>1</sub> (l/h)	Q <sub>2</sub> (l/h)	Q <sub>moy</sub> (l/h)
215	8,014	7,902	7,958
46,667	6,761	6,471	6,616
93,333	8,135	7,71	7,9225
140	8,229	7,873	8,051
186,667	8,158	7,965	8,0615
233,333	8,085	7,973	8,029
280	8,01	7,929	7,9695
326,667	7,96	7,897	7,9285
373,333	7,865	7,825	7,845
420	7,765	7,789	7,777
420	7,742	7,743	7,7425
373,333	7,718	7,674	7,696
326,667	7,717	7,618	7,6675
280	7,737	7,599	7,668
233,333	7,78	7,626	7,703
186,667	7,856	7,649	7,7525
140	7,94	7,598	7,769

93,333	7,889	7,432	7,6605
46,667	6,684	6,354	6,519
215	7,923	7,756	7,8395

Tableau III.4 – Résultats d’essai de détermination de la courbe Débit-Pression (goutteur 8 L)

1.1.2.2 Interprétation des résultats

A. Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 4 L/h:

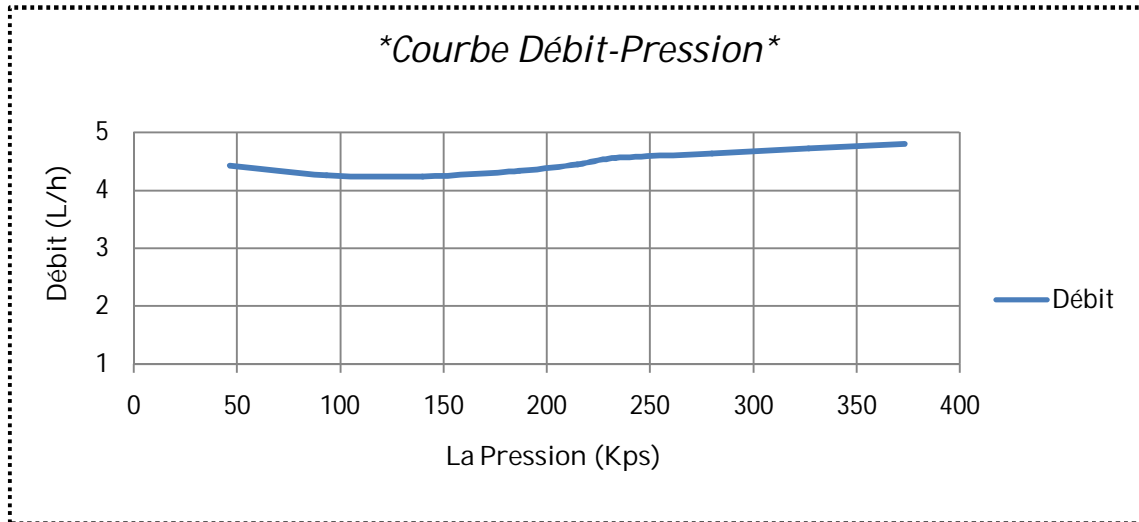


Figure III.2 – Courbe Débit-Pression du goutteur 4 L/h

❖ Valeurs m et K du goutteur

Les valeurs d’exposant m et la constante dimensionnelle K du goutteur, trouvées dans l’essai sont déterminées selon les relations suivantes :

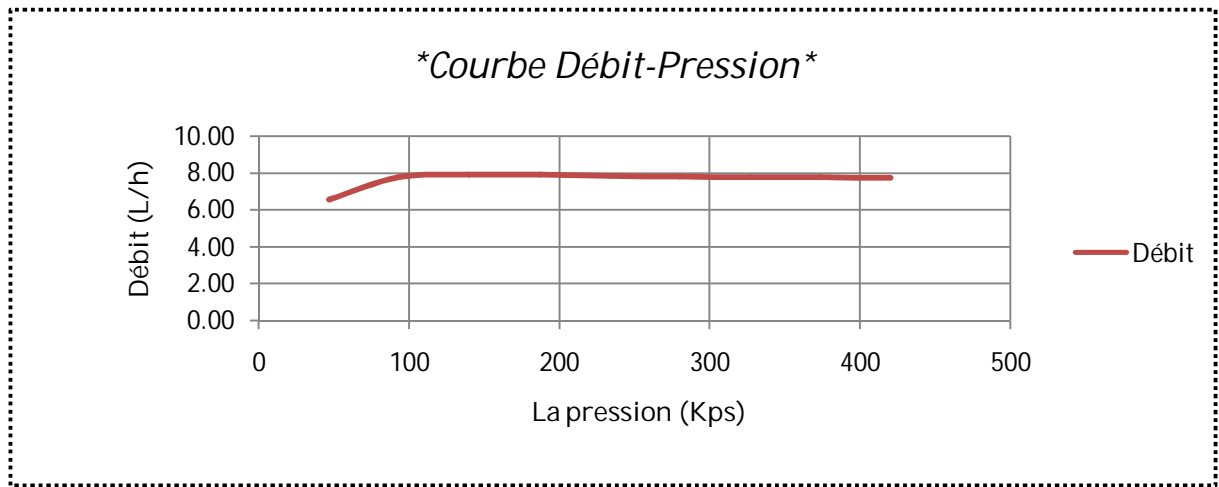
$$m = \frac{\sum(\lg p_i) (\lg \bar{q}_i) - \frac{1}{n} (\sum \lg p_i) (\sum \lg \bar{q}_i)}{\sum(\lg p_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \lg p_i)^2} \quad k = e^{\left[ \frac{\sum \ln \bar{q}_i}{n} - \frac{m \times \sum \ln p_i}{n} \right]}$$

Constante dimensionnelle K	Exposant m
1,04	0,27

Tableau III.5 – La constante dimensionnelle K et l’exposant m (goutteur 4 L/h)

☞ L’exposant m du goutteur est supérieur à 0,2(Norme Internationale) ⇒ **Ne répond pas à la norme ISO9261**

**B. Goutteur de fabrication algérienne autorégulant de 8 L/h :**



**Figure III.3** – Courbe Débit-Pression du goutteur 8 L/h

❖ **Valeurs m et K du goutteur :**

Constante dimensionnelle <b>K</b>	Exposant <b>m</b>
<b>1,05</b>	<b>0,36</b>

**Tableau III.6** – La constante dimensionnelle K et l'exposant m (goutteur 8 L/h)

☞ L'exposante m du goutteur est supérieure à 0,2 ⇒ *Ne répond pas à la norme ISO9261.*

**1.2 Banc d'essai de la résistance des matériaux :**

Un autre banc d'essai a pour rôle de tester la qualité des matériaux entrant dans la fabrication des conduites. il s'agit :

- ✓ Teneur en noir de carbone.
- ✓ Dispersion du noir de carbone.
- ✓ Temps d induction à l'oxygénation (vieillessement).
- ✓ Résistance à la pression interne.

Les essais faits au niveau du laboratoire de l'INSID par notre part en présence des responsables on portés sur les 3 premiers tests. Malheureusement nous n'avons pu prendre que les résultats de l'essai de la teneur en noir de carbone. les deux autres étant tenus confidentiels.

### 1.2.1 Essai de détermination de la teneur en noir de carbone

#### 1.2.1.1. Résultats d'essai :

Le tableau récapitule les résultats des essais pour nos deux types des conduites :

	Diamètre (mm)	Poids nacelle vide (g)	Poids de nacelle + échantillon (g)	Poids d'échantillon (g)	Poids après pyrolyse (g)	Poids après calcination (g)	Teneur en noir de carbone (%)	Cendre (%)
<b>Conduite PEHD</b>	Φ25mm	7.9213	8.9214	0.9999	7.9412	7.9217	1.9502	0.04
<b>Conduite PEBD</b>	Φ20mm	7.9217	8.9218	1.0001	7.9355	7.9218	1.3699	0.01

**Tableau III. 7** – Résultats d'essai de détermination de la teneur en noir de carbone

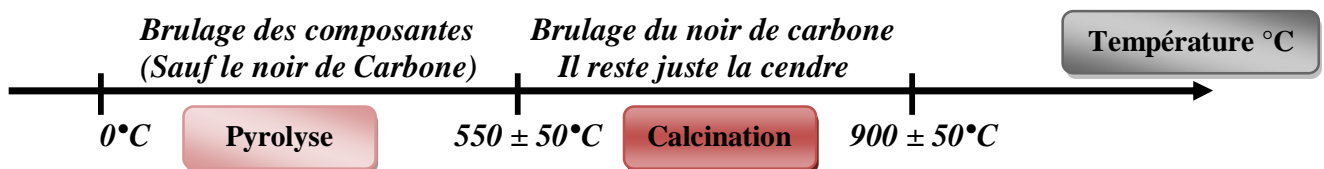
#### 1.2.1.2. Interprétation des résultats :

Selon les références normatives *ISO 6964 :1986* (Tubes et raccords en polyoléfines – Détermination de la teneur en noir de carbone par calcination et pyrolyse – Méthode d'essai et spécification de base) et *ISO 8779 :2010* (Système de canalisation en plastique –tube en polyéthylène (PE) pour l'irrigation-spécification) la teneur en noir de carbone doit être égale à  $2.5 \pm 0.5 \%$  .

Cependant nous avons trouvé que la teneur en noir de carbone est inférieure dans les deux cas (1.95%(PEHD) et 1.37%(PEBD) < 2.0%) ⇒ Nos conduites ne sont pas conformes aux normes.

#### ❖ Remarque :

- ✓ Pour confirmer les résultats précédents nous avons calculé le pourcentage des cendres après calcination dans le cas où leurs valeurs sont supérieures à 1 % de la masse initiale de la prise d'essai, on doit indiquer la quantité de cendre et ajouter au rapport d'essai une note pour signaler que la teneur de noir de carbone peut être surestimée.
- ✓ Pour bien expliquer cet essai on peut la présenter sur le repère linéaire suivant :



- ✓ Donc la teneur en noir du carbone égale :

$$\text{Teneur}_{\text{Noir de Carbone}} (\%) = \frac{(\text{Poids}_{\text{Après Pyrolyse}} - \text{Poids}_{\text{Après Calcination}})}{\text{Poids d'échantillon}} \times 100$$

- ✓ Et le pourcentage de cendre égale :

$$\text{Cendre} (\%) = \frac{(\text{Poids}_{\text{Après Calcination}} - \text{Poids}_{\text{Nacelle Vide}})}{\text{Poids d'échantillon}} \times 100$$

## 2. Résultats de l'analyse et mesure des caractéristiques techniques des goutteurs sur le site expérimental de l'E.N.S.H et discussions :

Afin d'assurer le bon déroulement des expériences, il fallait gérer les deux réseaux d'irrigation installés sur notre site expérimental (Réseau témoin « l'eau Normale ou conventionnelle », Réseau expérimental « l'eau épurée »), pour cela nous avons vérifié le débit en sortie des goutteurs alimentés par les deux qualités d'eau.

Nous rappelons que l'objectif de ces dispositifs expérimentaux installés est le suivi in situ de la sensibilité des différents goutteurs au colmatage, alors nous avons cherché à vérifier que les goutteurs restaient exempts de colmatage au travers de la vérification du débit en sortie de chaque type du goutteur de chaque réseau. Les suivis du débit en fonction de pression et du temps sont mentionnés en détail dans *l'annexe III.A*.

### 2.1 Variation du débit des goutteurs :

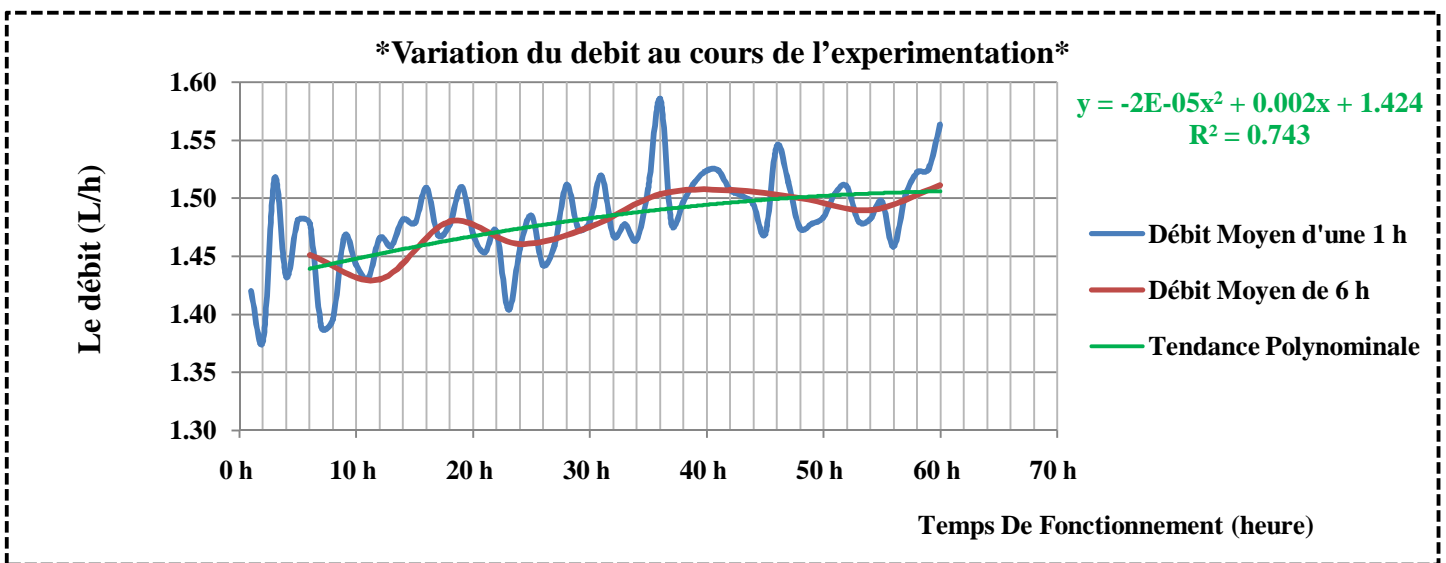
L'objectif est de suivre l'évolution du débit de l'ensemble des goutteurs (fabrication locale et étrangère) au cours de l'expérimentation.

#### 2.1.1 Résultat des essais :

Les courbes ci-dessous montrent les variations des débits moyens des trois types des goutteurs de chaque réseau :

##### 2.1.1.1 Réseau témoin alimenté par l'eau normale (réseau N=°1) :

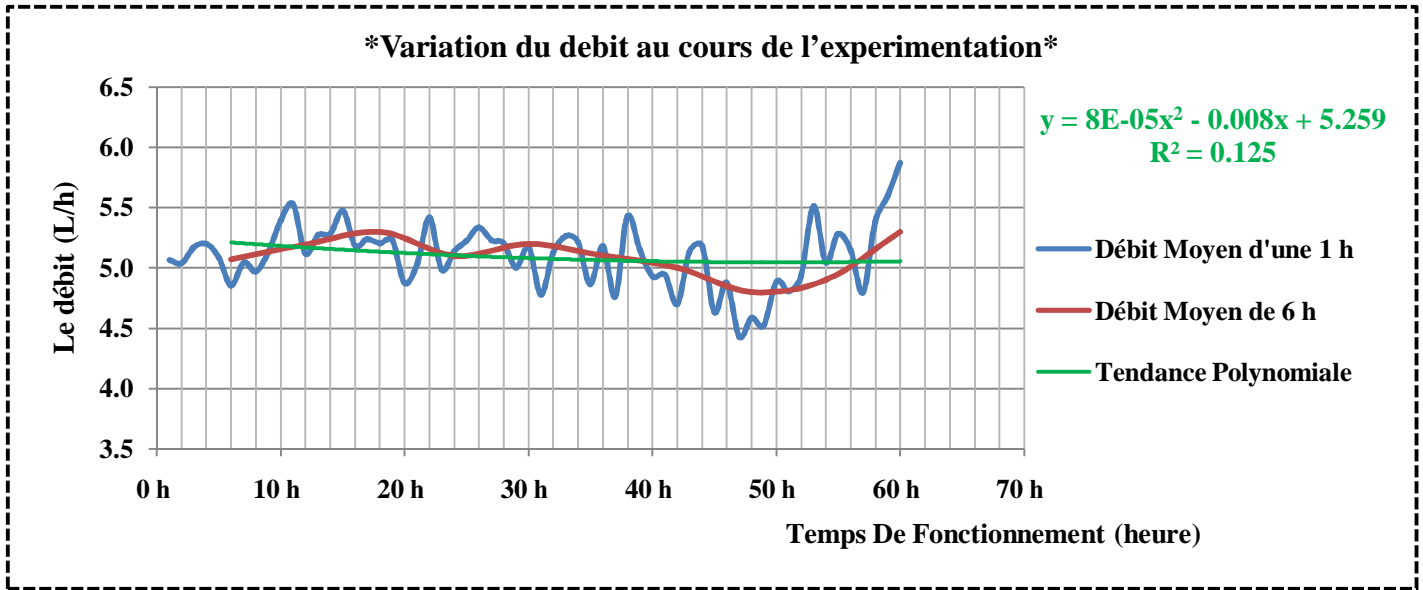
##### A. Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h :



**Figure III.4** – Courbes de variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 2 L/h - Eau normale)

❖ *Remarque* : le débit utilisé est le débit moyen des 24 goutteurs intégrés (8 par rampe) qu'on a déjà choisi et spécifié.

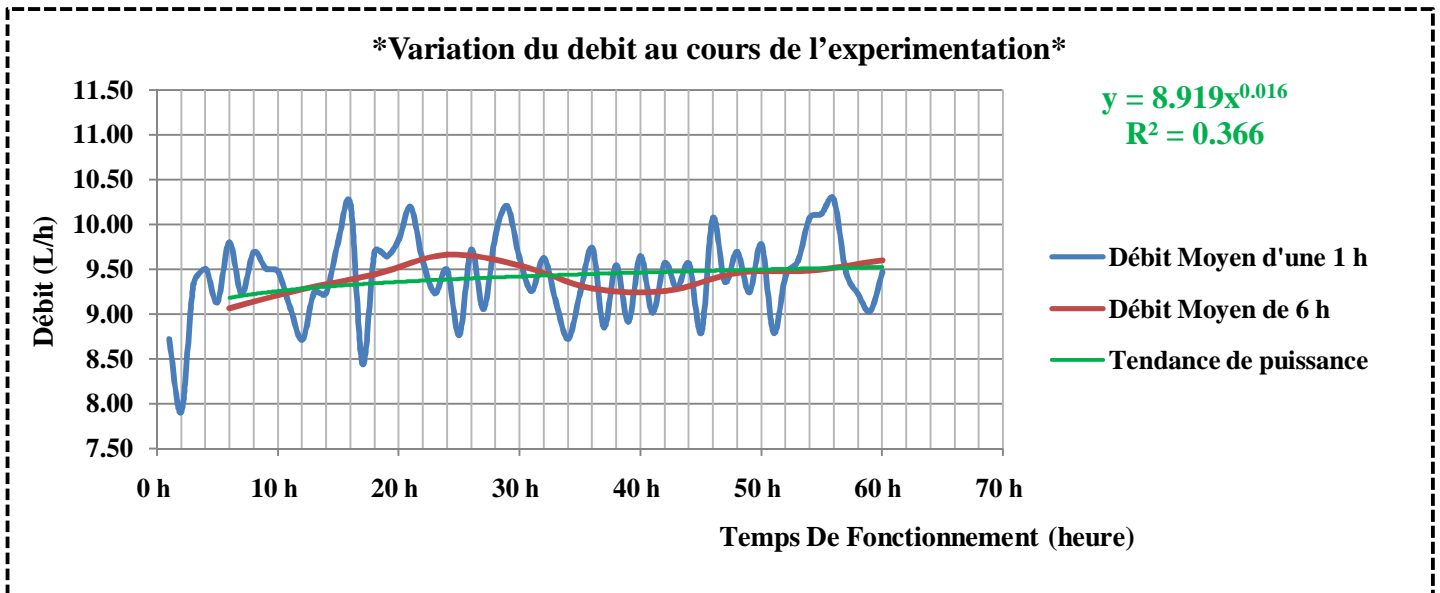
**B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :**



**Figure III.5** – Courbes de variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 4 L/h - Eau normale)

❖ *Remarque* : le débit utilisé est le débit moyen de 18 goutteurs (tous les goutteurs) qui ont été déjà montés.

**C. Goutteur local autorégulant de 8 L/h :**



**Figure III.6** – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures (goutteur 8 L/h - Eau normale)

❖ *Remarque* : le débit utilisé est le débit moyen de 18 goutteurs (tous les goutteurs) qui ont été déjà montés.



☞ Le même travail est fait en utilisant les eaux épurées.

2.1.1.2 Réseau expérimental alimenté par l'eau épurée (réseau N=°2) :

A. Goutteur AIT Italy Intégré de 2 L/h :

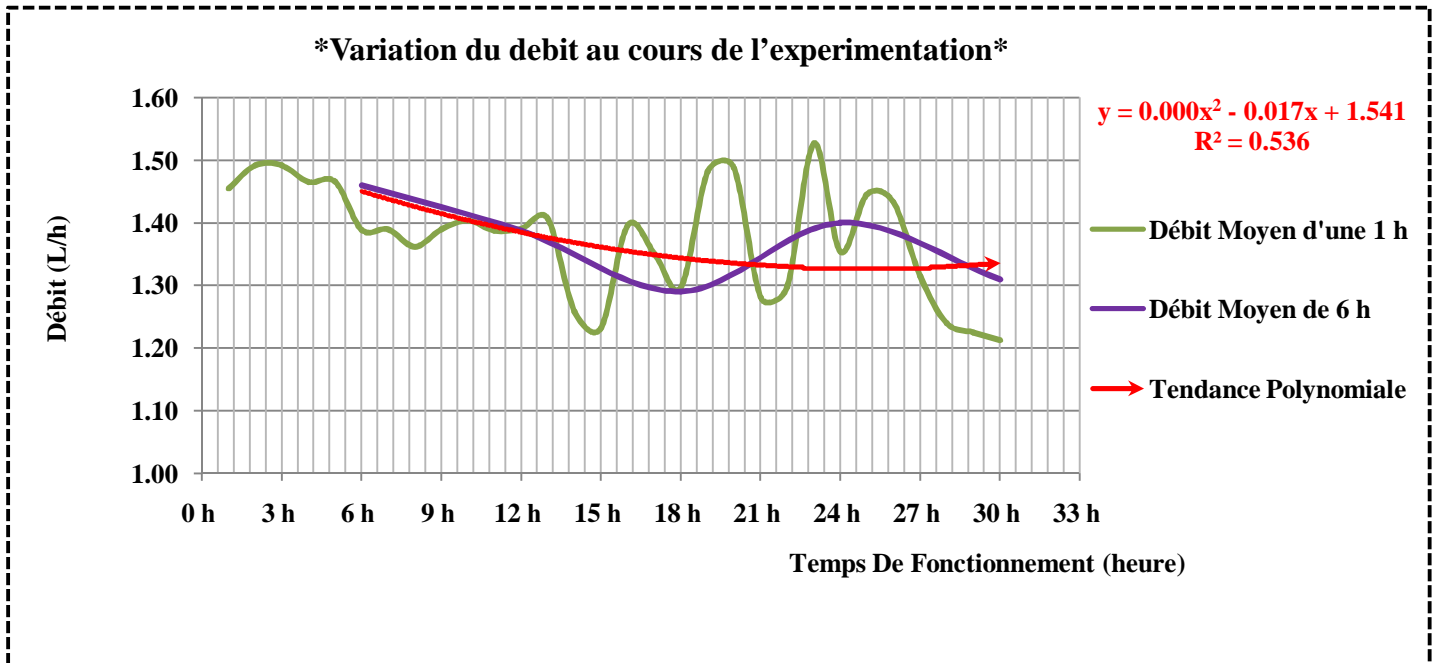


Figure III.7 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 2 L/h - Eau épurée)

B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

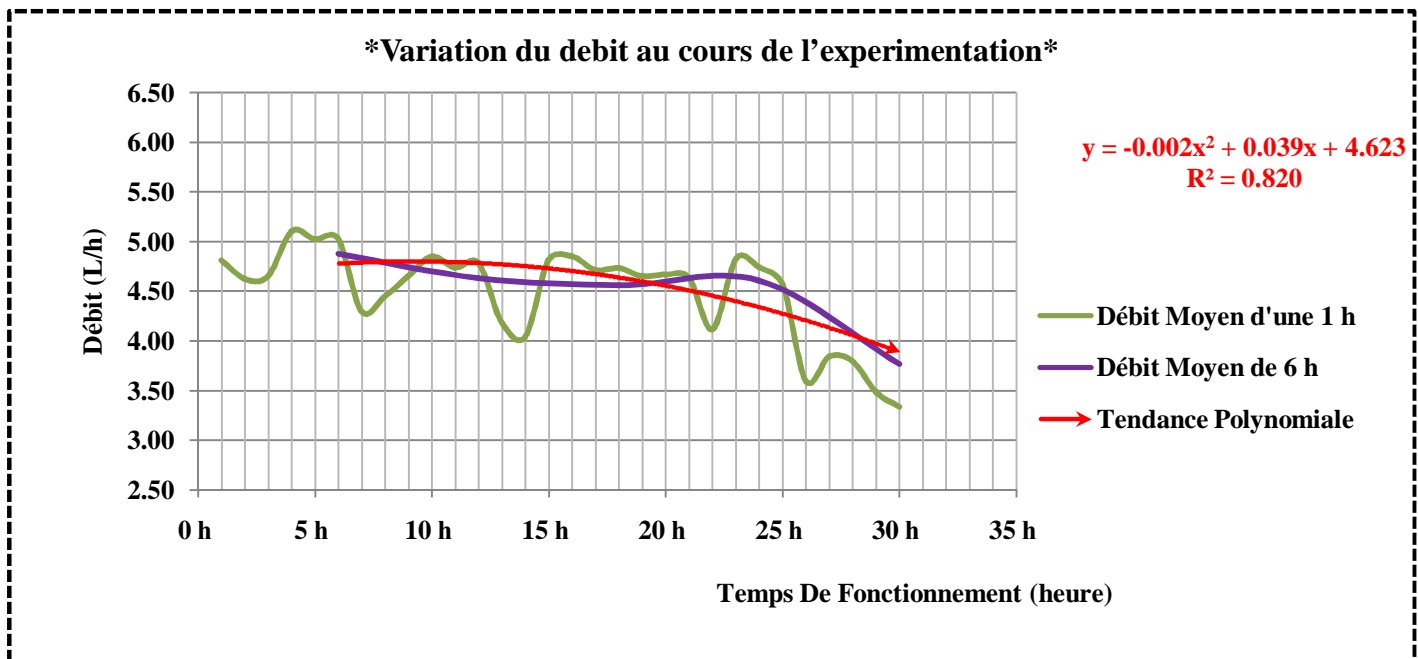
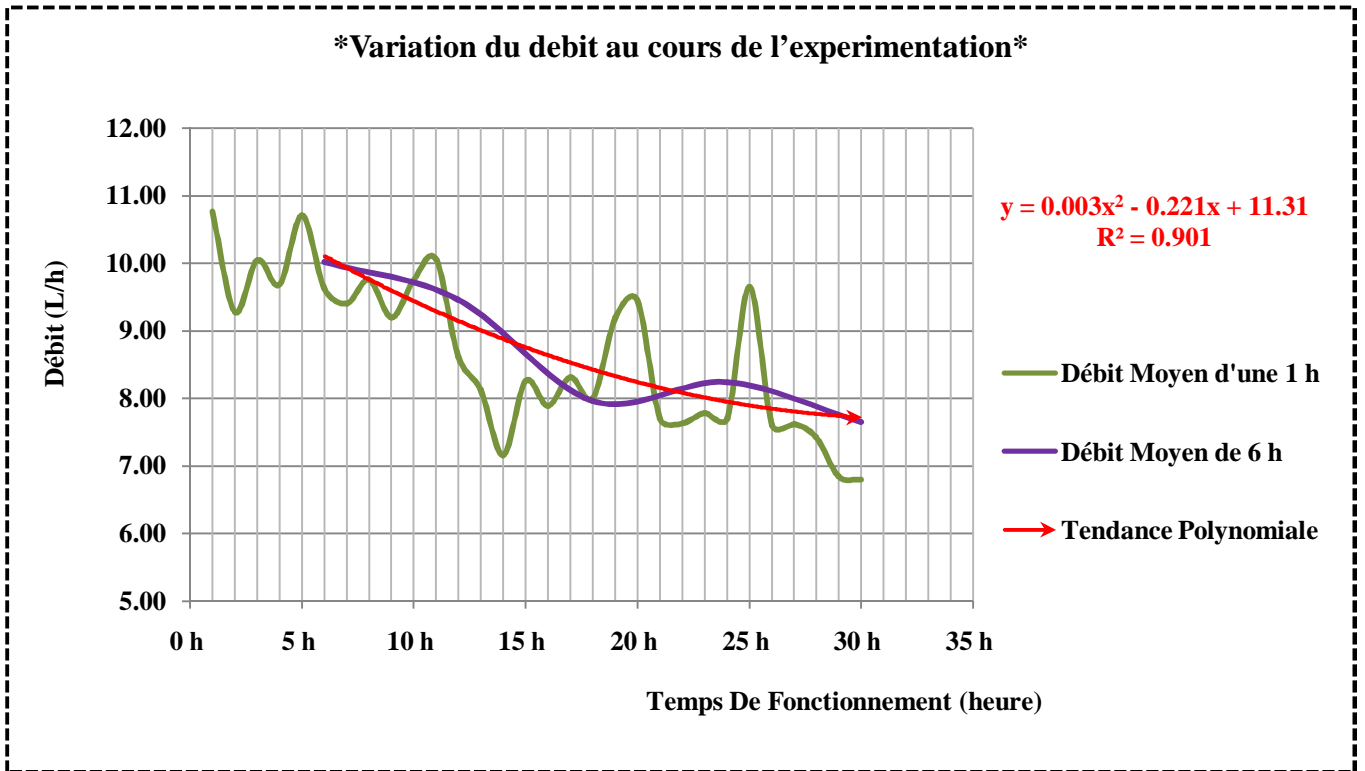


Figure III.8 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 4 L/h - Eau épurée)

## C. Goutteur local autorégulant de 8 L/h :



**Figure III.9** – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 30 heures (goutteur 8 L/h - Eau épurée)

↳ L'objectif de la courbe de tendance est d'ajuster nos courbes expérimentales pour arriver à déterminer le sens de variation et d'évolution du débit (augmentation, diminution) et même obtenir des prévisions basées sur le passé pour des périodes souhaités du futur, et on a choisi le type de la courbe de tendance entre six type (Linéaire, Logarithmique, Polynomiale, Puissance, Exponentielle, Moyenne mobile) à partir du coefficient de détermination ( $r^2$ ) tel que le type est plus fiable lorsque son coefficient de détermination ( $r^2$ ) est égal ou proche de 1.

Dans nos cas, le type le plus utilisé est le type de tendance polynomiale qui est généralement utilisée pour représenter des fluctuations de données. Elle s'avère bien pratique notamment pour analyser des pertes et des profits sur un vaste ensemble de données.

### 2.1.2 Interprétation des résultats :

#### 2.1.2.1 Réseau témoin alimenté par l'eau normale (réseau N=°1) :

##### A. Goutteur AIT Italy Intégré 2 L/h :

Nous Calculons Le coefficient de variation **Cv** et **Ec** la variation de débit par rapport au débit nominal selon les formules :

$$CV \% = \frac{\sigma(q)}{\bar{q}} \quad \text{et} \quad Ec \% = \frac{\bar{q} - q(n)}{q(n)}$$

Tel que : -  $\sigma(q)$  : Ecart type du débit.  
 -  $\bar{q}$  : Débit Moyen.  
 -  $q(n)$  : Débit Nominal.

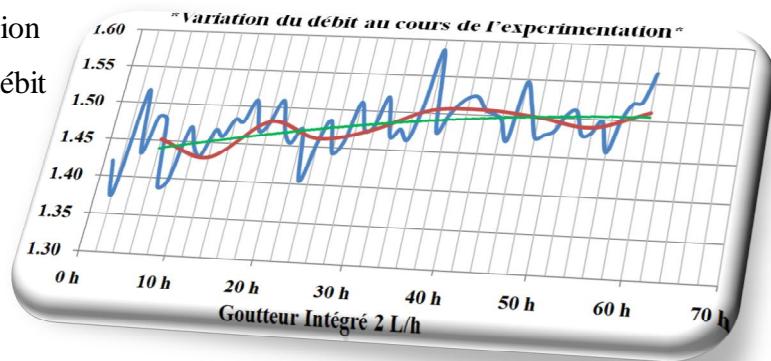


Figure III.10 – Photo de la courbe de variation du débit (Goutteur 2 L/h –Eau normale)

On trouve que :  $\sigma(q) = 0.03 \text{ L/h}$   $\Rightarrow$  l'écart type est faible alors les données sont très proches les unes des autres

$Cv = 2\%$   $\Rightarrow$  selon protocole Cemagref, notre goutteur est très bon (**TB**)

$Ec = 4\%$   $\Rightarrow$  selon protocole ISO, notre goutteur est de **Classe A**.

#### ❖ Remarque :

- Le protocole ISO a défini une classification présentée dans la norme ISO9261 qui définit deux classes, A et B, correspondant aux exigences suivantes :
  - ✓ **Classe A** : La variation de débit moyen de l'échantillon **Ec** par rapport au débit nominal  $q(n)$  et la valeur du CV sont inférieures à 5 %.
  - ✓ **Classe B** : La variation de débit moyen de l'échantillon **Ec** par rapport au débit nominal  $q(n)$  et la valeur du CV sont supérieures à 5% et inférieures à 10%.
- Pour le débit nominal à 1 bar (Notre pression de service), nous l'avons tiré à partir de la courbe de performance (Débit-Pression) fournie par le revendeur **CHIALI** dans son catalogue technique.

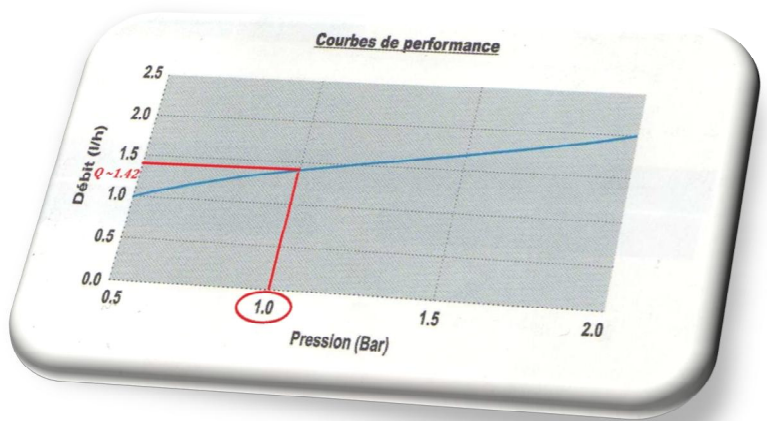
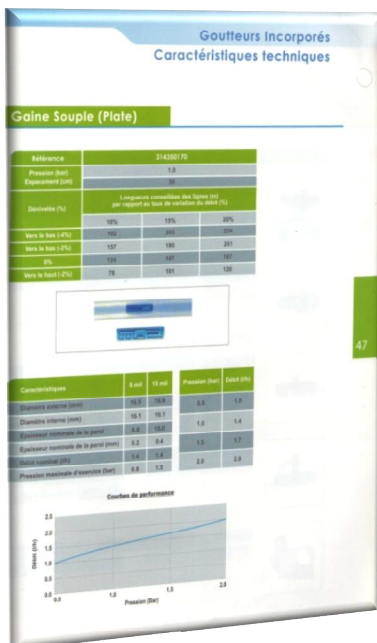


Figure III.11 - Courbe de performance et la page 47 du catalogue technique de **CHIALI**

3. Pour la sensibilité des goutteurs au colmatage, nous n'avons remarqué aucune influence ou diminution du débit durant cette période expérimentale, de même dans le cas d'une prévision de 20h basée sur le passé à l'aide d'une courbe de tendance.

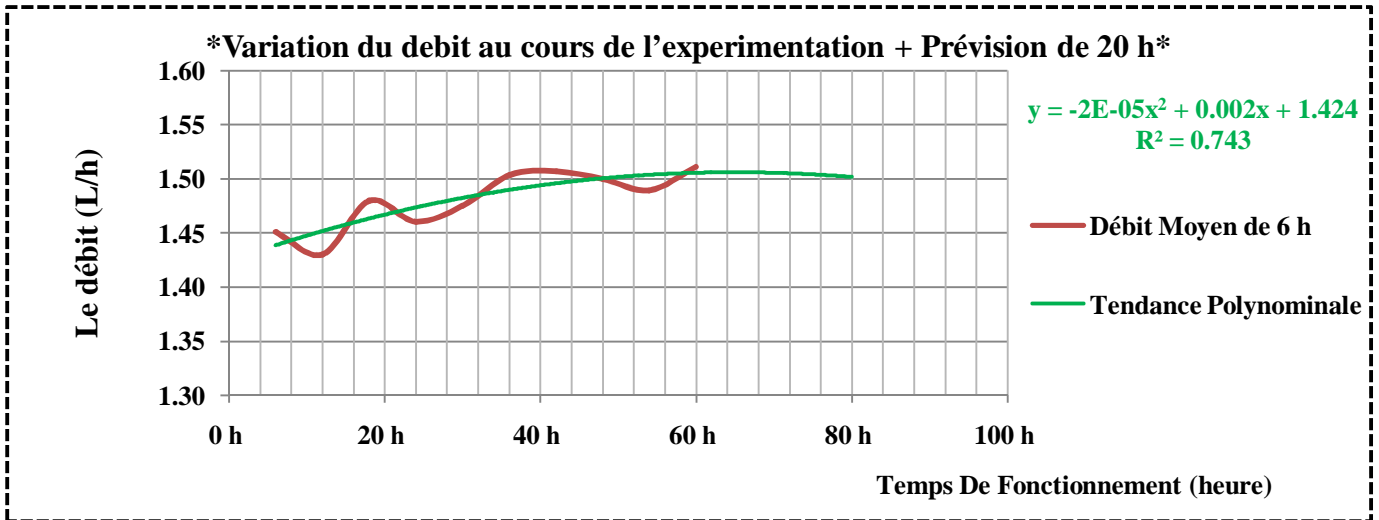
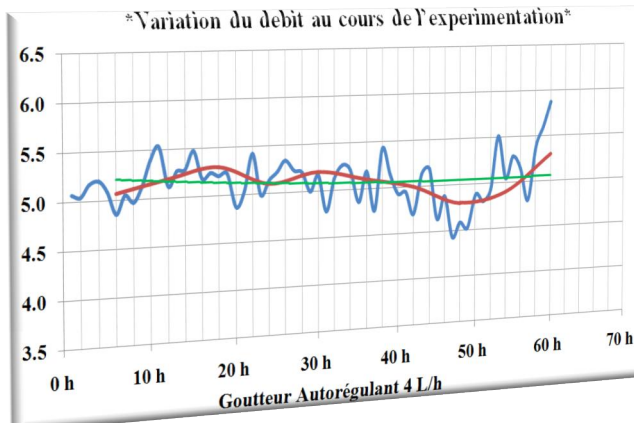


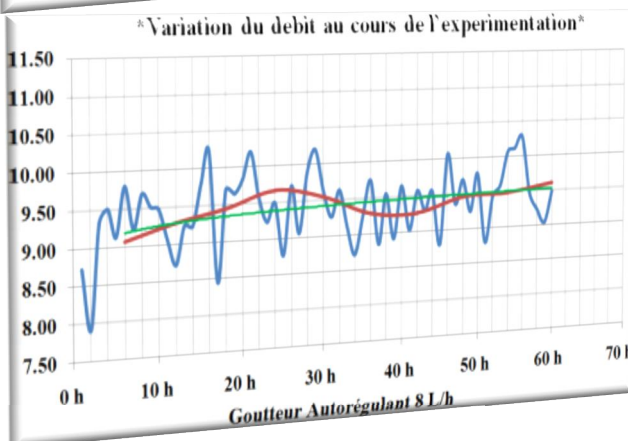
Figure III.12 – Courbes de la variation du débit durant le temps de fonctionnement de 60 heures + 20 de prévision (Goutteur 2 L/h – Eau épurée)

**B. Goutteurs locaux autorégulants de 4 et 8 L/h :**



Pour le goutteur de 4 L/h, on a trouvé :

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma(q) = 0.75 \text{ L/h} \text{ ☞ Valeurs dispersées} \\ C_v = 15\% \\ E_c = 28\% \end{cases} \Rightarrow \text{Mauvais Goutteur (Ma)}$$

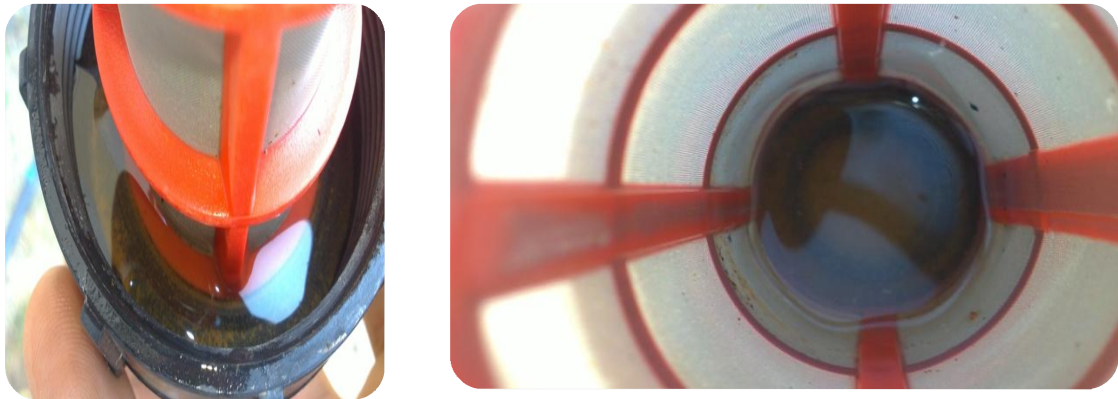


Pour le goutteur de 8 L/h, on a trouvé :

$$\Rightarrow \begin{cases} \sigma(q) = 2.14 \text{ L/h} \text{ ☞ Valeurs dispersées} \\ C_v = 23\% \\ E_c = 18\% \end{cases} \Rightarrow \text{Mauvais Goutteur (Ma)}$$

Figure III.13 – Photos des courbes de variation du débit (Goutteurs 4 et 8 L/h – Eau normale)

En plus pour la sensibilité des goutteurs au colmatage, on n'a remarqué aucune influence ou diminution du débit durant cette période expérimentale, l'état du tamis et ses mailles été dans un bon état (*figure III.14*).



**Figure III.14** - L'état du filtre du réseau N°1 (différentes vues)

#### 2.1.2.2 Réseau expérimental alimenté par l'eau épurée (réseau N=°2) :

Dans ce réseau contrairement à l'autre réseau, on a trouvé son filtre dans un mauvais état et ses mailles presque complètement obstruées (*figure III.15*)



**Figure III.15** - L'état du filtre du réseau N°2 (différentes vues)

Et à partir des courbes de variation du débit(*figure III.16*), nous avons remarqué une diminution du débit à partir d'un certain temps de fonctionnement surtout au niveau de la deuxième partie (goutteurs autorégulant de 4 L/h) tel qu'avec une prévision de 12 heures, ses goutteurs seront totalement colmatés (*figure III.17*).



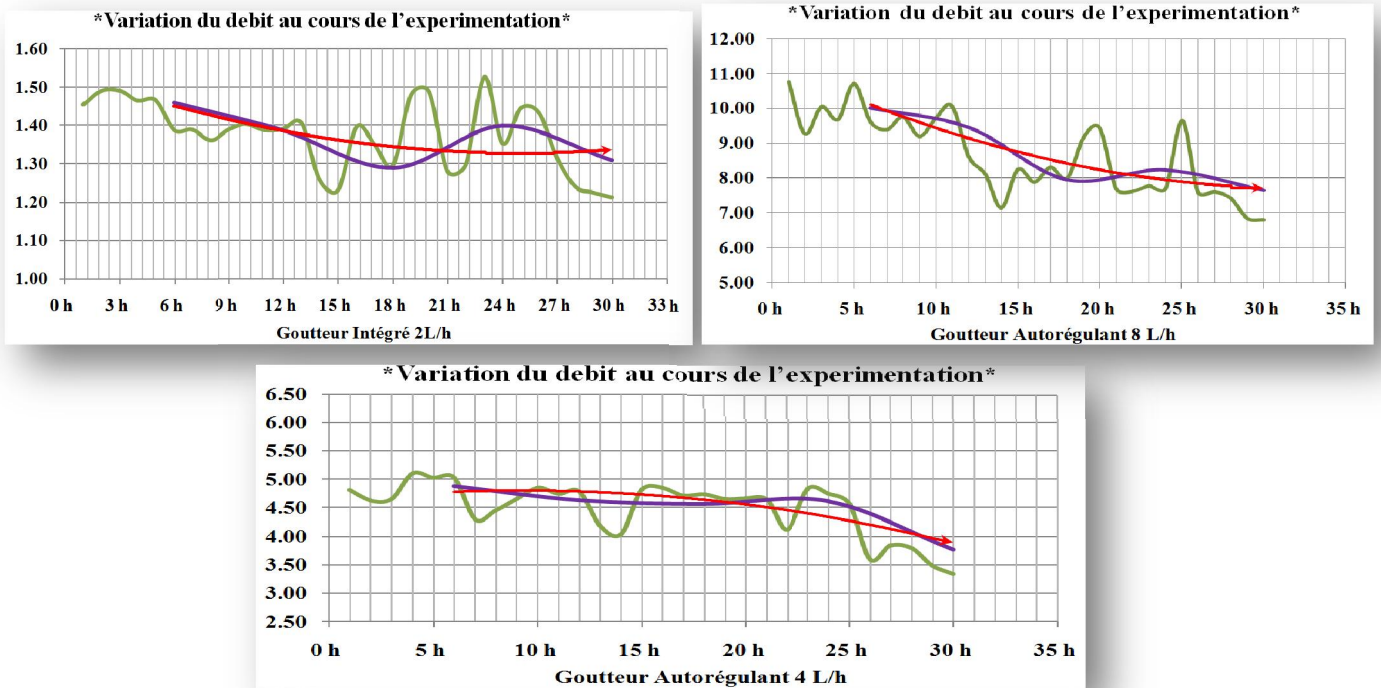


Figure III.16 – Photos des courbes de variation du débit pour les trois types des goutteurs (Eau épurée)

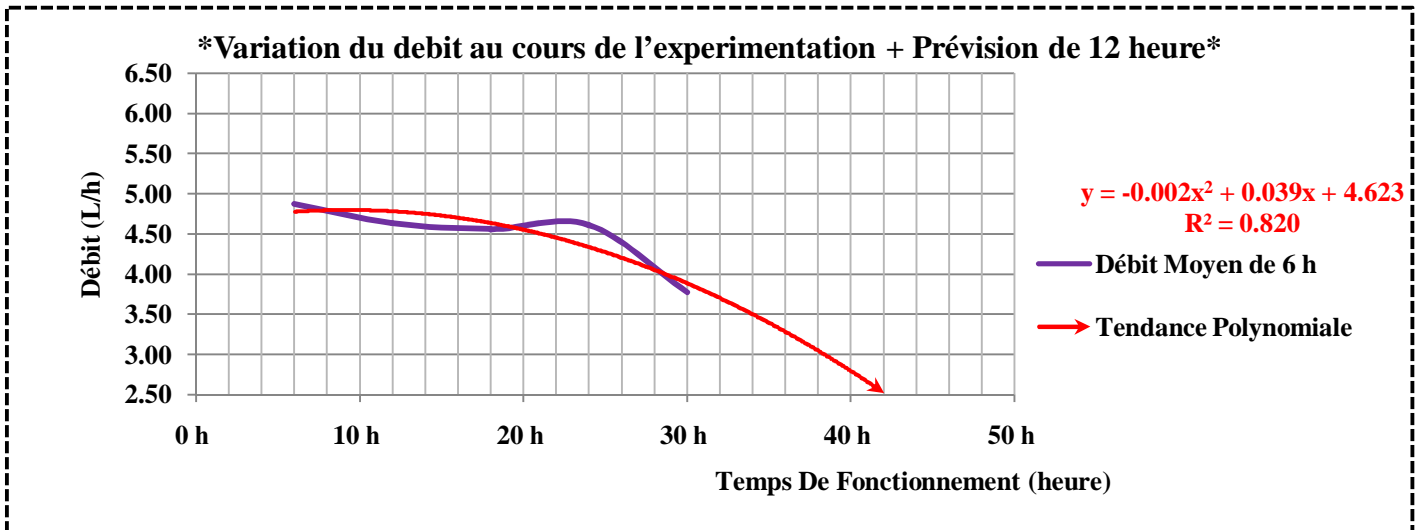


Figure III.17 – Courbes de variation du débit (goutteur 4 L/h) durant le temps de fonctionnement de 30 heures + Prévission de 12 h (Eau épurée)

Les courbes suivantes (*Figure III.17 et 18 et 19*) des évolutions temporelles du pourcentage de variation des débits de distribution par rapport au débit initial ( $E_c$ ) pour les différentes types du goutteur des deux réseaux montrent le changement du débit et comparent bien les deux cas (cas d'eau normale et le cas d'eau épurée).

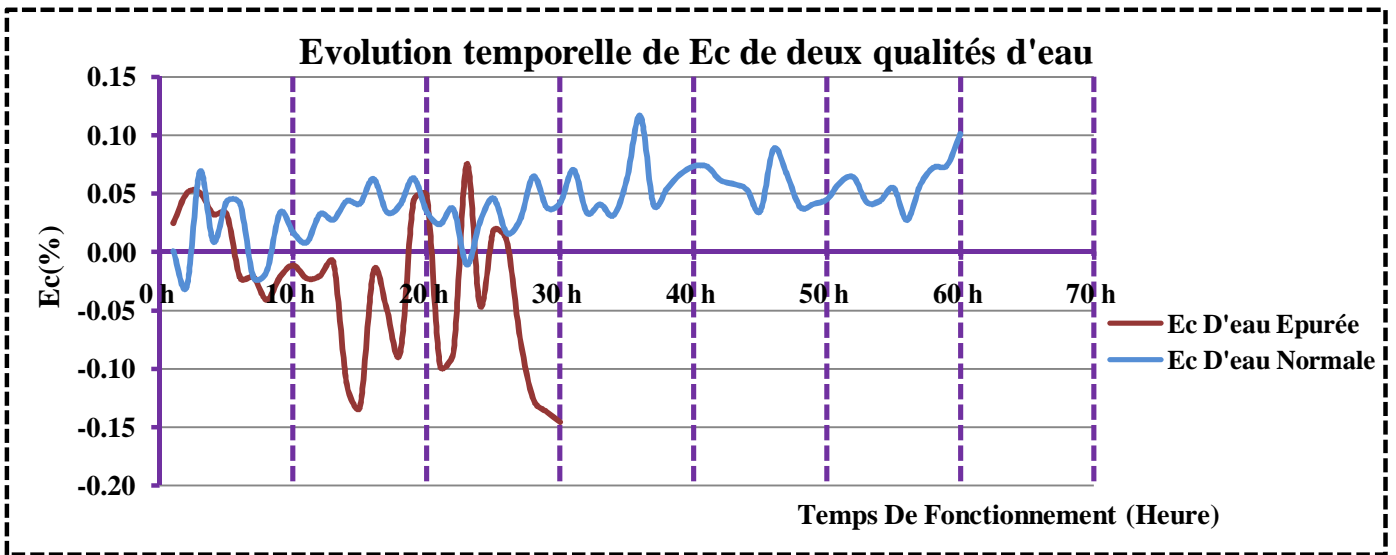


Figure III.18– Courbes d'évolution temporelle de  $Ec$  du goutteur *intégré de 2 L/h*

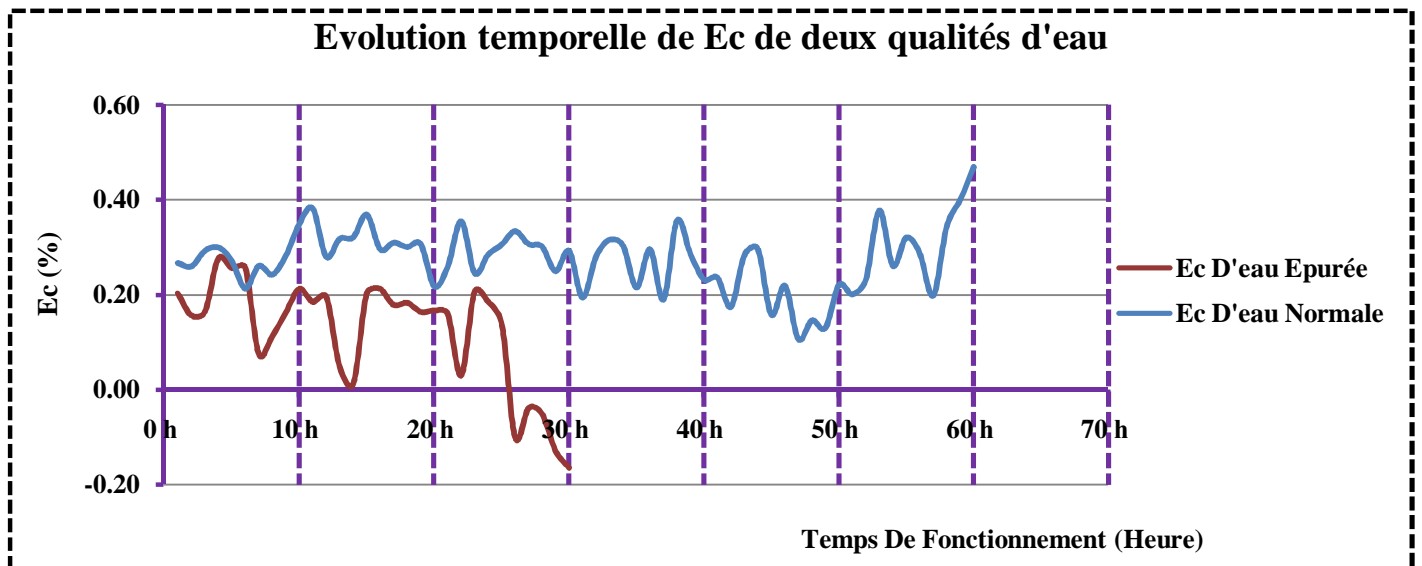


Figure III.19– Courbes d'évolution temporelle de  $Ec$  du goutteur *autorégulant de 4 L/h*

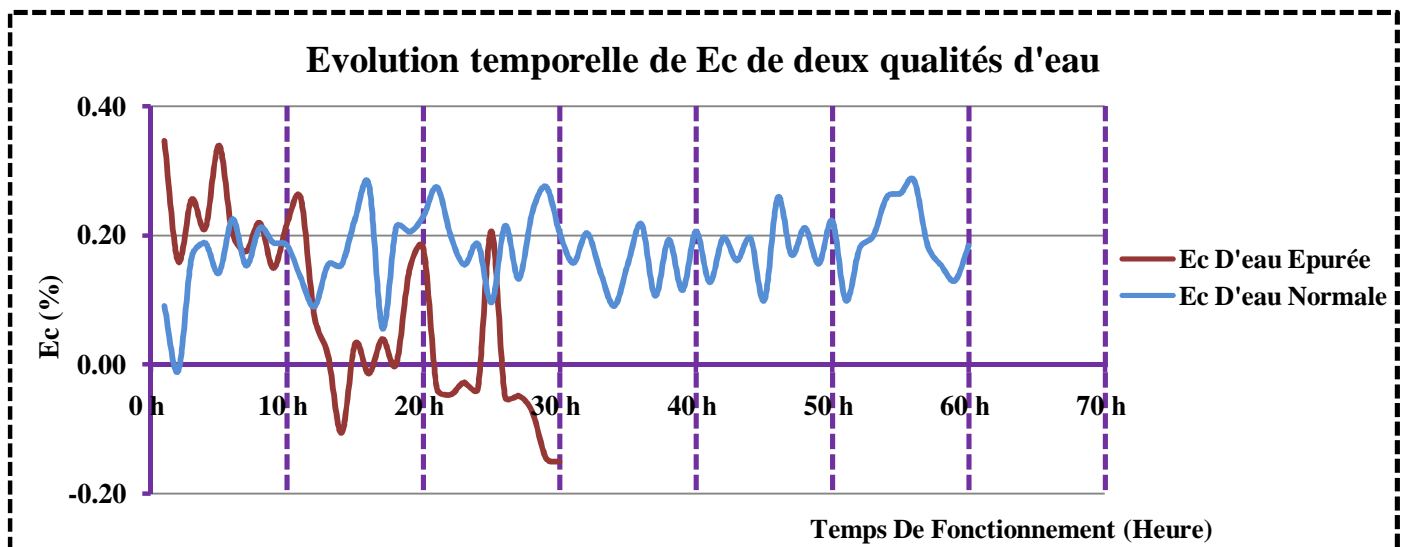


Figure III.20– Courbes d'évolution temporelle de  $Ec$  du goutteur *autorégulant de 8 L/h*

❖ **Remarque** : nous avons observé l'apparition de signes de colmatage sur certain goutteurs de même nous avons trouvé aussi des goutteurs presque complètement colmatés comme les goutteurs autorégulants de 4 L/h numéros : G3.4 (Goutteur 4 de la troisième ligne) et G3.6 (Goutteur 6 de la troisième ligne) « *Figure 3.21* »

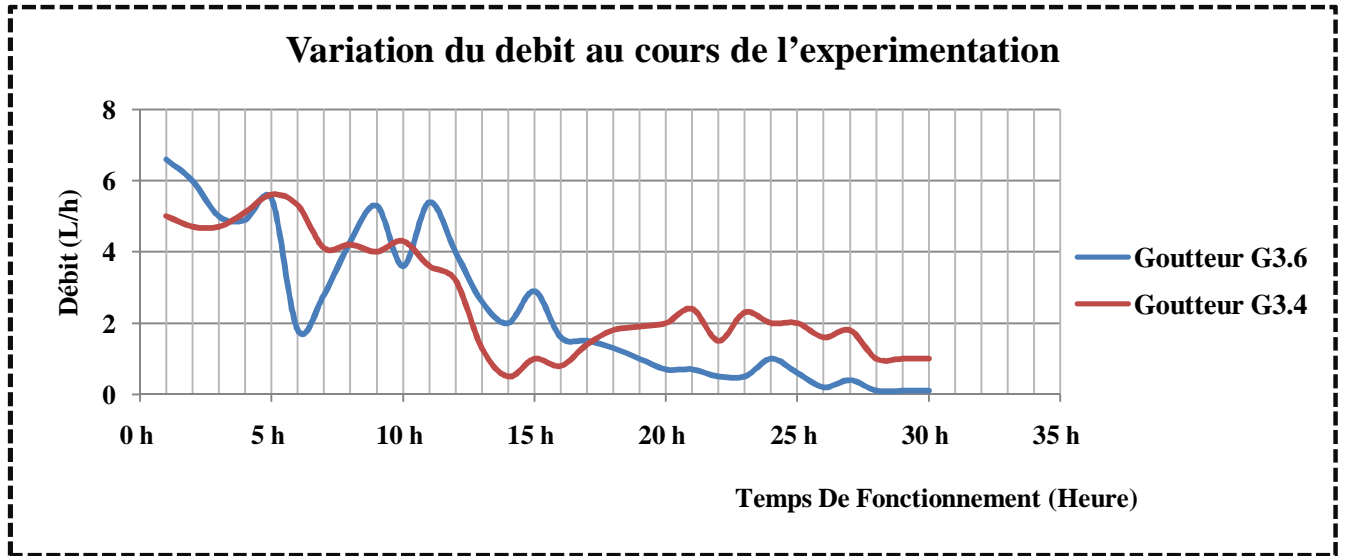


Figure III.21–Variation du débit des goutteurs autorégulants (4 L/h) : G3.4 et G3.6 (Eau épurée)

## 2.2 Uniformité de la distribution de débit dans les goutteurs :

L'évaluation de l'uniformité temporelle de la distribution de l'eau repose en partie sur l'analyse du coefficient d'uniformité (Cu). Ce coefficient correspond au rapport du débit moyen des quatre débits les plus faibles au débit moyen de l'ensemble des mesures ( $\bar{q}$ ) :

✓ la moyenne de l'ensemble des débits mesurés



$$\bar{q} = \frac{\text{Somme des } n \text{ valeurs}}{n}$$

✓ la moyenne des 4 mesures de débit les plus faibles



$$\bar{q}_{min} = \frac{\text{Somme des 4 valeurs des débits les plus faibles}}{4}$$



Le coefficient d'uniformité est:  $Cu \% = \frac{\bar{q}_{min}}{\bar{q}}$

☞ Une bonne uniformité se caractérise par une valeur du Cu élevée, proche de 100%



### 2.2.1 Résultat des essais :

Les courbes suivantes présentent l'évolution temporelle de  $Cu$  de chaque type de goutteur en fonction de la qualité d'eau :

#### A. Goutteur AIT Italy intégré de 2 L/h :

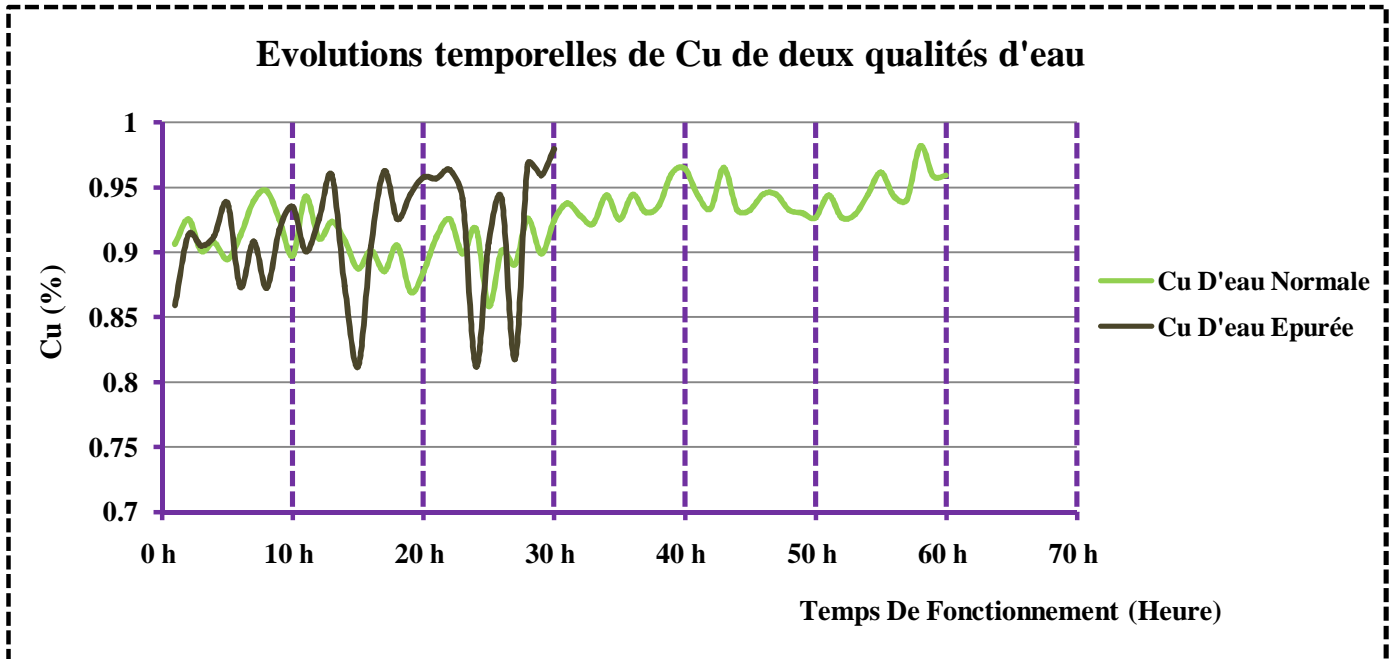


Figure III.22– Courbes d'évolution temporelle de  $Cu$  du goutteur *intégré de 2 L/h*

#### B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

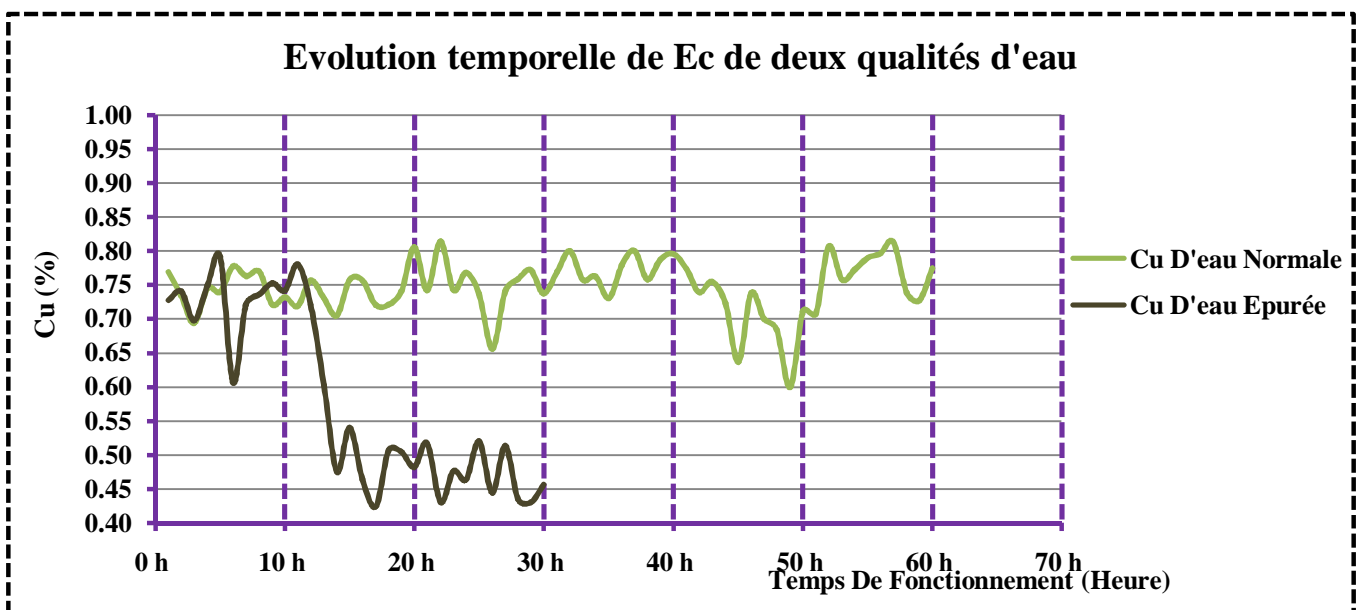
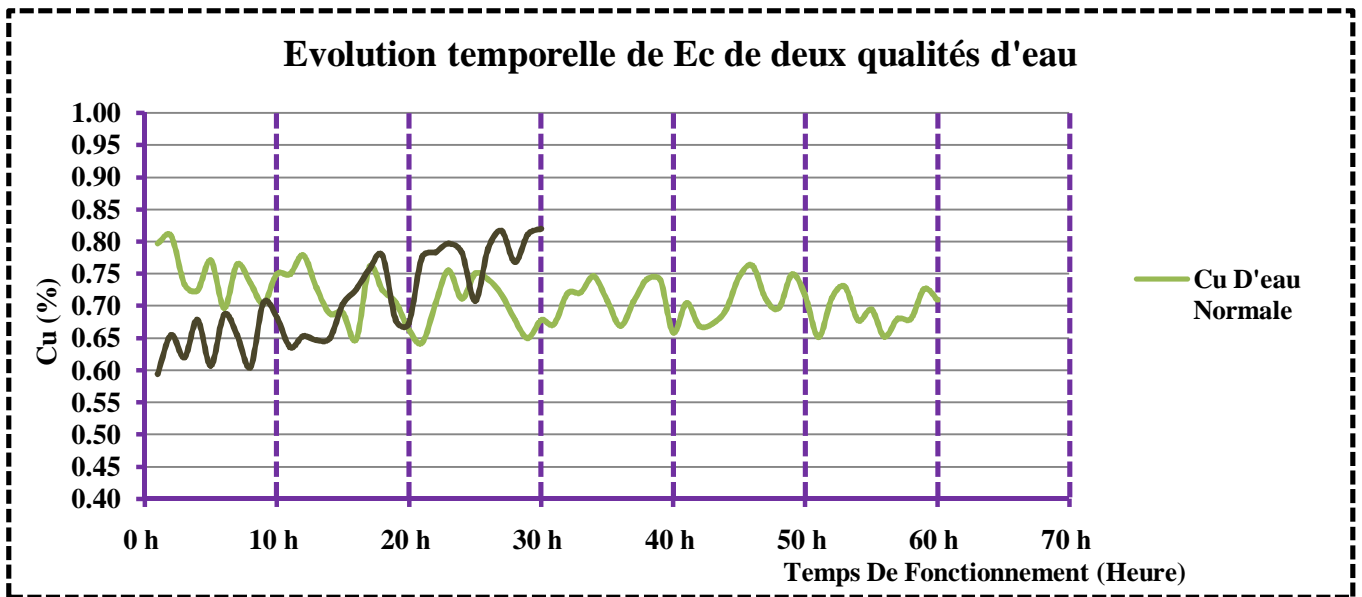


Figure III.23– Courbes d'évolution temporelle de  $Cu$  du goutteur *autorégulant de 4 L/h*

## C. Goutteur local autorégulant de 8 L/h :

Figure III.24– Courbes d'évolution temporelle de  $Cu$  du goutteur *autorégulant de 8 L/h*

## 2.2.2 Interprétation des résultats :

Pour bien expliquer les courbes précédentes, nous les avons combinées avec les courbes d'évolution d' $E_c$  au cours de l'expérimentation, le but étant de déterminer les sens de variation du débit, pour cela nous avons suivi les étapes suivantes :

- 1- Calculer la moyenne et l'écart moyen d'uniformité.
- 2- Si l'écart moyen est faible alors il n'y a pas un changement au niveau du débit d'ensemble des goutteurs sinon il existe un changement du débit.
- 3- Si il existe un changement alors il existe une diminution ou une augmentation du débit moyen, et pour cela nous allons voir le sens de variation des courbes d'évolution de  $E_c$  au cours de l'expérimentation (Si les courbe de  $E_c$  sont croissantes  $\Rightarrow$  c'est une augmentation du débit, si elles sont décroissantes  $\Rightarrow$  c'est une diminution du débit).
- 4- Si il y'a une diminution du débit, et puisque  $Cu = \bar{Q}_{\min}/Q_{\text{moy}}$  on va avoir deux cas :
  - A. La courbe de  $Cu$  est croissante  $\Leftrightarrow$  Alors c'est une diminution du débit moyen  
 $\Leftrightarrow Cu \nearrow$  alors  $Q_{\text{moy}} \searrow$
  - B. La courbe de  $Cu$  est décroissante  $\Leftrightarrow$  Alors c'est une diminution des quatre plus faibles débits  
 $\Leftrightarrow Cu \searrow$  alors  $\bar{Q}_{\min} \searrow$

❖ **Remarque :** le but du calcul de l'uniformité moyenne est de vérifier et prouver les résultats du classement et la qualité de chaque type de goutteur, que nous avons déjà trouvé (Résultats des essais de coefficient de variation), tel que :

- ✓ Si  $Cu \geq 90\%$  : L'uniformité des débits est très bonne et l'état de notre réseau est parfait
- ✓ Si  $Cu < 90\% - 70\% >$  : L'uniformité des débits est Mauvaise et l'état de notre réseau est mal
- ✓ Si  $Cu < 70\%$  : L'uniformité des débits est très Mauvaise et l'état de notre réseau est catastrophique

Ci après sont représentées les courbes combinant l'évolution du coefficient d'uniformité et EC:

**A. Goutteur AIT Italy intégré de 2 L/h**

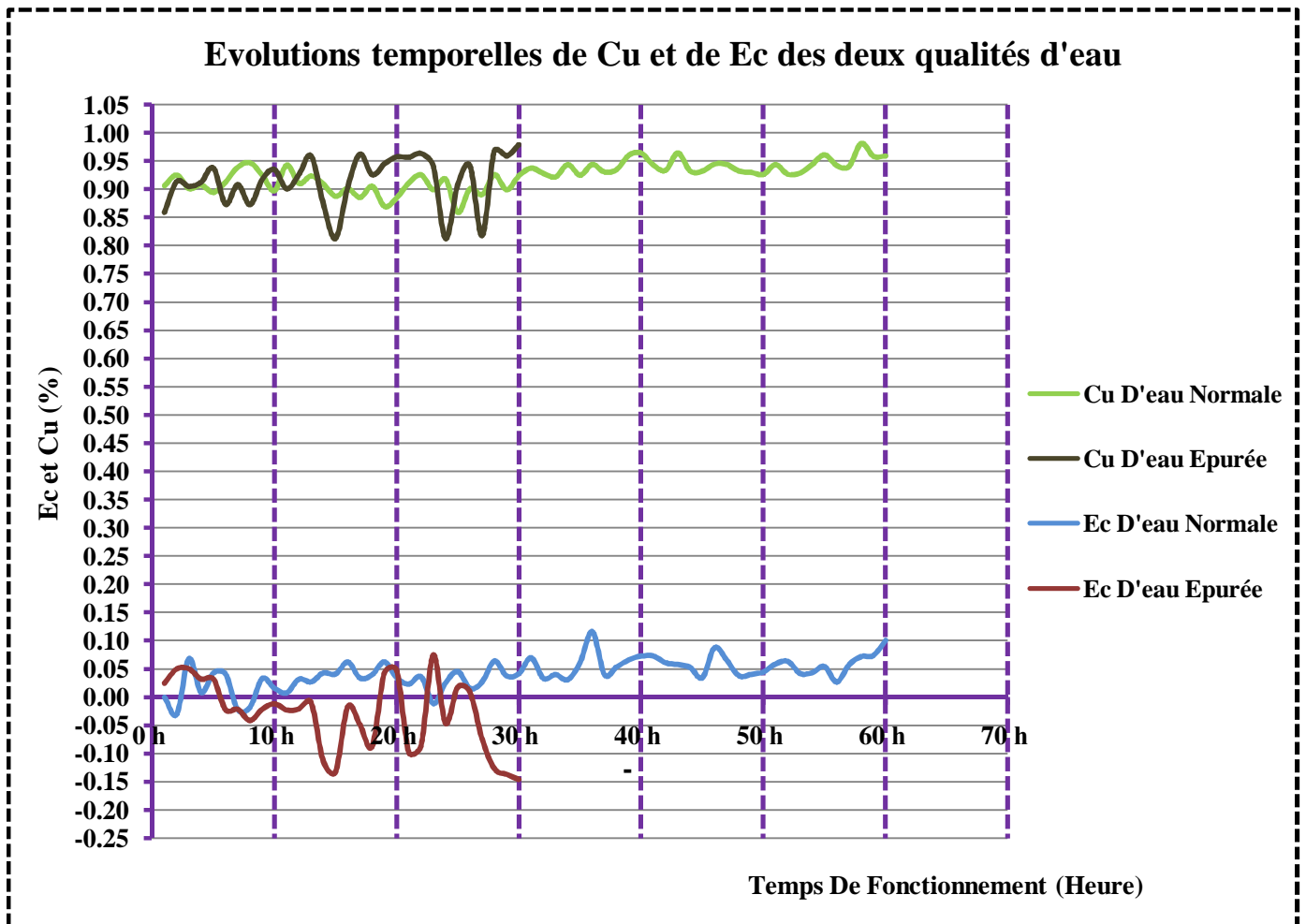
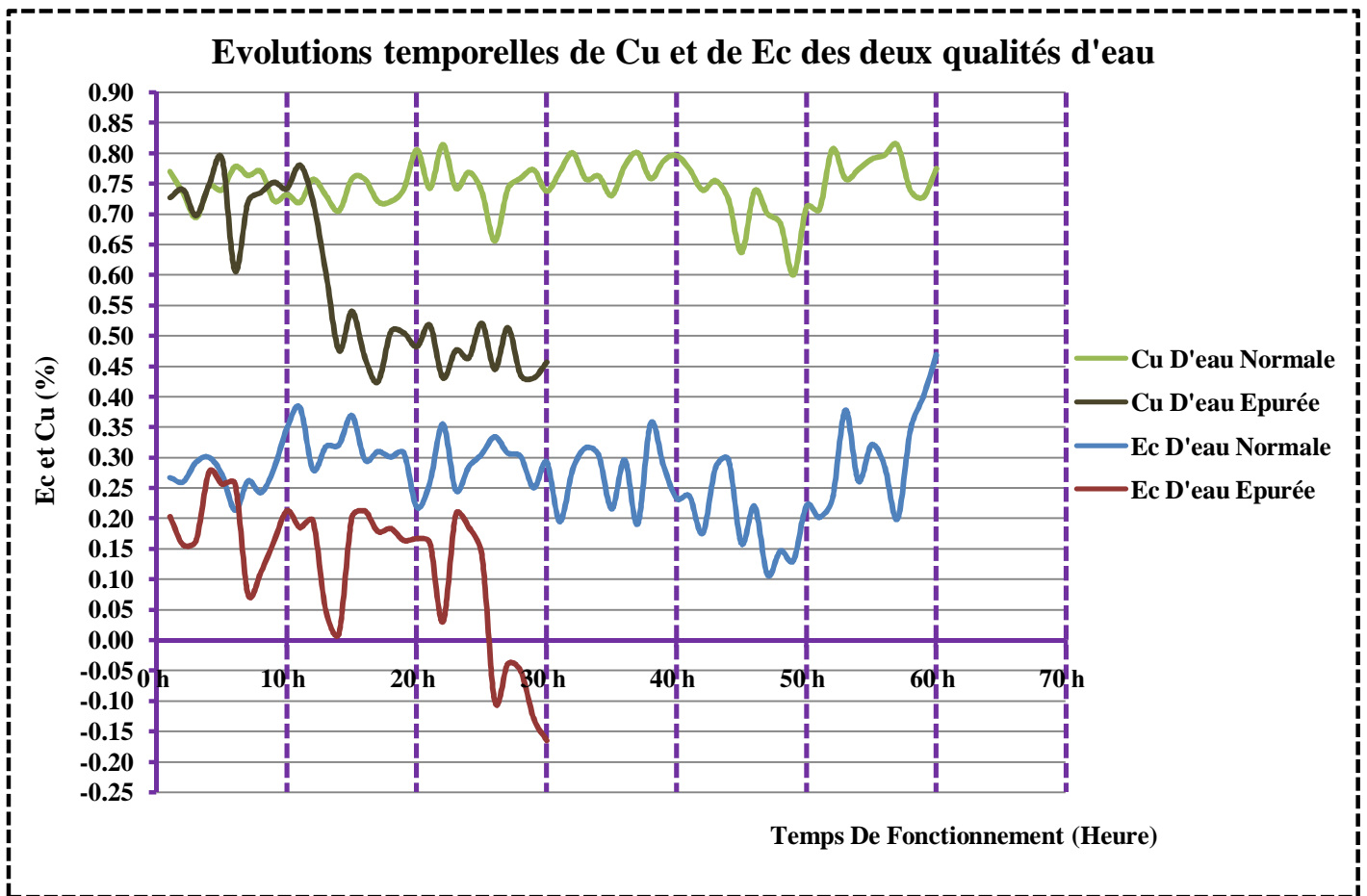


Figure III.25– Courbes d'évolution temporelle de *Cu et Ec* du goutteur *intégré de 2 L/h*

Le coefficient d'uniformité ( $Cu$ ) pour l'eau normale est presque constant durant l'expérimentation avec une moyenne arithmétique de 93% et un écart moyen est égal 1.9% sur une période de 60 h et on peut expliquer cela par la faible valeur moyenne de  $Ec$  (variation du débit par rapport au débit initiale « nominale ») qui égale 4%  $\Rightarrow$  **Goutteur de la classe A**

Par contre dans le cas d'eau épurée et pour une période de 30h (la moitié du cas précédant) l'écart moyen du coefficient d'uniformité est de 3.6% bien que la moyenne arithmétique du  $Cu$  soit égal à 92% et la valeur moyenne de  $Ec$  durant l'expérimentation soit égale à 6 % alors on peut dire qu'il ya des indications de début de colmatage.

**B. Goutteur local Autorégulant de 4 L/h :**



**Figure III.26**– Courbes d'évolution temporelle de  $Cu$  et  $Ec$  du goutteur *autorégulant de 4 L/h*

La variation du coefficient d'uniformité ( $Cu$ ) pour l'eau normale durant l'expérimentation est d'un écart moyen de 3% avec une moyenne arithmétique de 75%, par contre dans le cas d'eau épurée la moyenne arithmétique est égale à 58 % avec un écart moyen d'uniformité de 12% cela implique qu'il ya une diminution (courbe de  $Ec$  est décroissante) des quatre faibles débits et qu'il existe des goutteurs en train de se colmater.

❖ **Remarque** : nous avons remarqué que la valeur du  $Cu$  de ces goutteurs est très mauvaise (75% et 58%  $\Rightarrow$  Grand écart entre les faibles débits et leur moyenne) ceci est une preuve pour les résultats de classement qu'on a déjà trouvé, mais tous que nous intéresse ici c'est l'évolution de la variation du coefficient d'uniformité durant le temps de fonctionnement est-ce que les goutteurs vont conserver les mêmes écartements entre les débits au cours de l'expérimentation ou non, si c'est non alors le phénomène de colmatage s'installe.

### C. Goutteur local Autorégulant de 8 L/h :

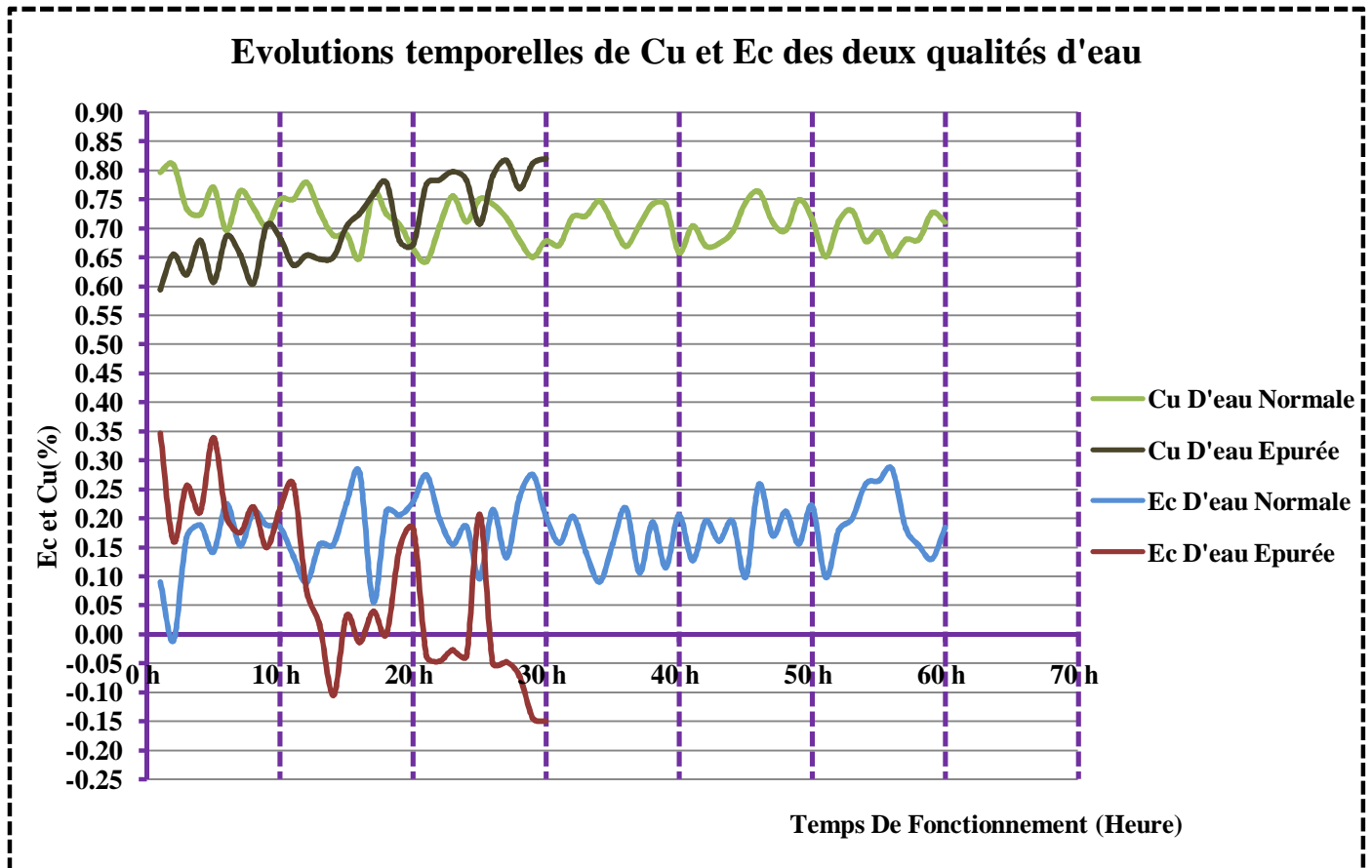


Figure III.27– Courbes d'évolution temporelle de  $Cu$  et  $Ec$  du goutteur autorégulant de 8 L/h

Pour l'eau normale, nous avons trouvé que l'uniformité est d'une moyenne de 71% avec un écart de 3% et pour l'autre cas où on a utilisé les eaux épurées, l'écart moyen d'uniformité est de 6% avec une moyenne d'uniformité de 71%.

Nous remarquons que la courbe de  $Cu$  dans le cas des eaux épurées est croissante et tend vers 85%. cette valeur paraît importante et reflète une bonne uniformité ceci est paradoxale mais peut s'expliquer par la diminution du débit moyen de l'ensemble des goutteurs ( $Cu = \bar{q}_{\min}/q_{\text{moy}} \Rightarrow$  Si  $Q_{\text{moy}} \searrow$  alors  $Cu \nearrow$ ).

### 2.3 Courbe de performance Débit-Pression :

Ces courbes permettent de déterminer la constante dimensionnelle K et l'exposant m.

#### 2.3.1 Résultats des essais :

Les tableaux récapitulent les débits mesurés sur les 4 meilleurs exemplaires de chaque type de goutteur en fonction de la variation de pression allant de 0.5/1/1.5/ et 2 bars (quatre répétitions) [voir les résultats en annexe III].

A partir de ces résultats nous avons obtenu les courbes de performance débit-Pression suivantes qui représentent la variation du débit moyen des quatre exemplaires pour les quatre répétitions en fonction de la pression :

#### A. Goutteur AIT Italy intégré de 2 L/h

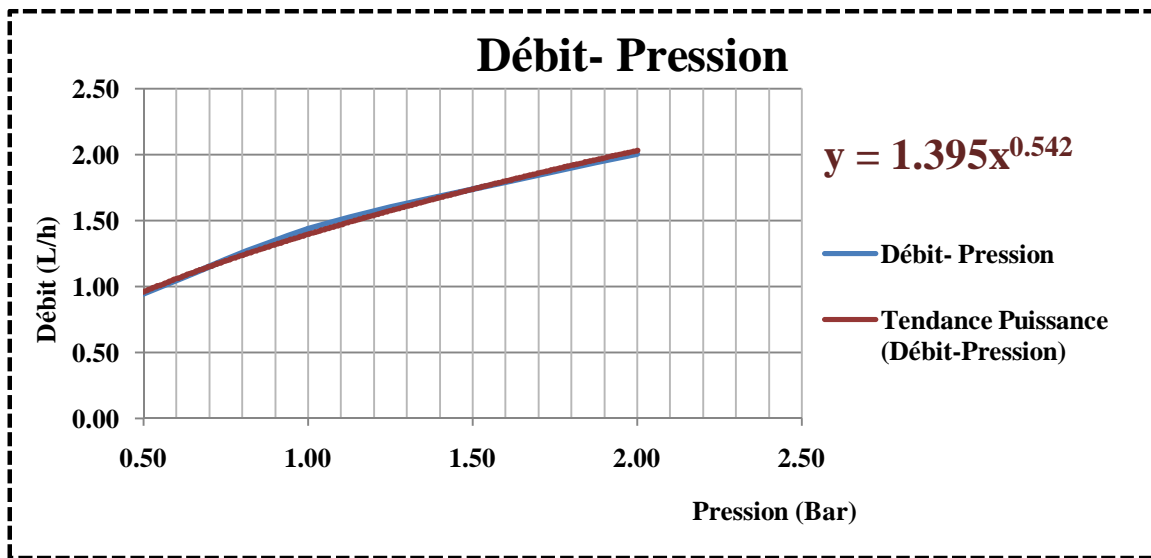


Figure III.28 – Courbe Débit-Pression du goutteur 2 L/h

#### B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

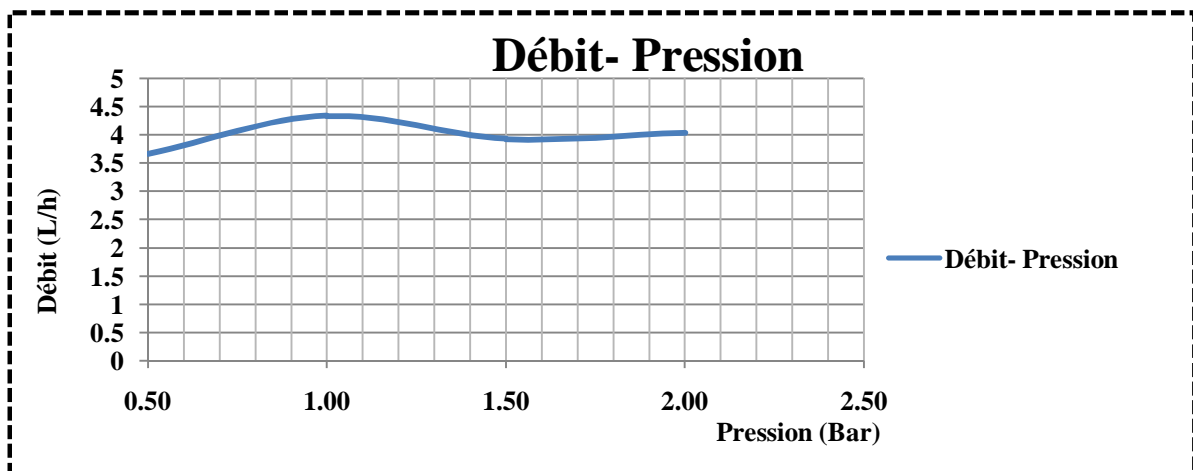


Figure III.29 – Courbe Débit-Pression du goutteur 4 L/h

C. Goutteur local utrorégulant de 8 L/h :

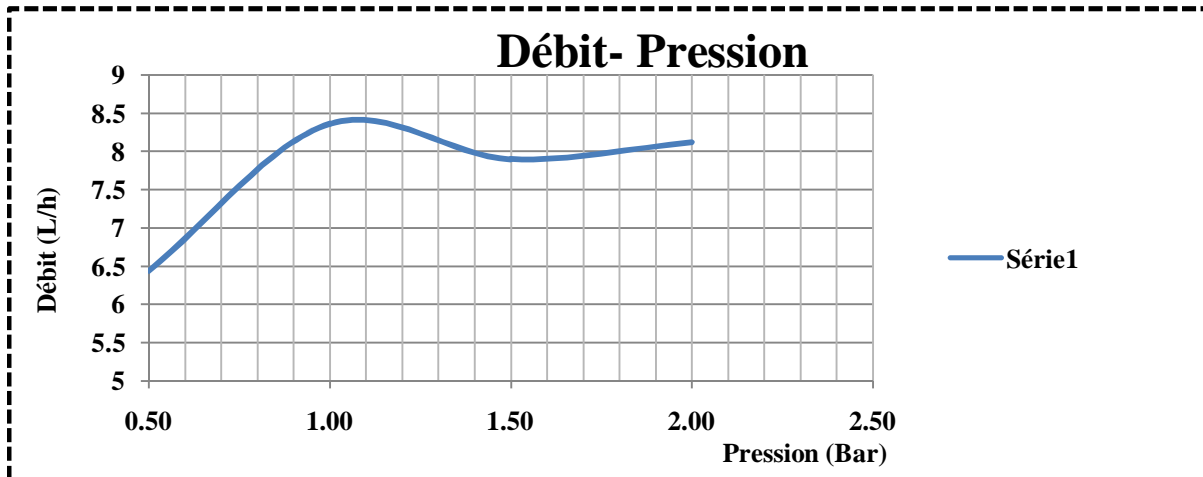


Figure III.31 – Courbe Débit-Pression du goutteur 8 L/h

2.3.1 Interprétation des résultats :

A. Goutteur AIT Italy intégré de 2 L/h :

❖ Valeurs m et K du goutteur :

Les valeurs d'exposant m et la constante dimensionnelle K du goutteur, trouvées dans l'essai sont déterminées selon les relations suivantes :

$$m = \frac{\sum(\lg p_i) (\lg \bar{q}_i) - \frac{1}{n} (\sum \lg p_i) (\sum \lg \bar{q}_i)}{\sum(\lg p_i)^2 - \frac{1}{n} (\sum \lg p_i)^2} \quad k = e^{\left[ \frac{\sum \ln \bar{q}_i}{n} - \frac{m \times \sum \ln p_i}{n} \right]}$$

Constante dimensionnelle K	Exposant m
1,395	0,542

Tableau III.8 – La constante dimensionnelle K et l'exposant m (goutteur 2 L/h)

- ☞ Les Valeurs sont conformes aux valeurs de la courbe de la tendance puissance.
- ☞ L'exposante m du goutteur est :  $0.5 < m < 0.6 \Rightarrow$  Selon le protocole Cemagref Gaines et goutteurs non auto-régulants notre gaine est Tolérante -T -

B. Goutteur local autorégulant de 4 L/h :

❖ Valeurs m et K du goutteur :

Constante dimensionnelle K	Exposant M
3.77	0,06

Tableau III.9 – La constante dimensionnelle K et l'exposant m (goutteur 4 L/h)

- ☞ L'exposant m du goutteur est inférieur 0,2  $\Rightarrow$  répond à la norme ISO9261
- ☞ L'appréciation de la classe :  $0.05 < m=0.06 < 0.1 \Rightarrow$  Bon goutteur.

### C. Goutteur local autorégulant de 8 L/h :

❖ Valeurs  $m$  et  $K$  du goutteur :

Constante dimensionnelle <b>K</b>	Exposant <b>M</b>
<b>7.26</b>	<b>0,16</b>

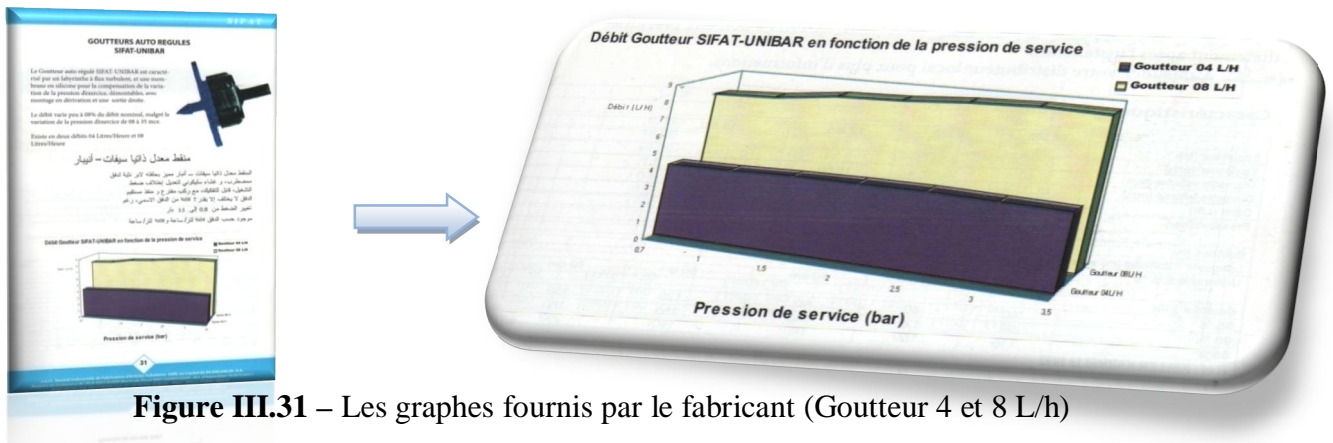
**Tableau III.10** – La constante dimensionnelle  $K$  et l'exposant  $m$  (goutteur 8 L/h)

☞ L'exposant  $m$  du goutteur est inférieur à 0,2  $\Rightarrow$  **répond à la norme ISO9261**

☞ L'appréciation de la classe :  $0.15 < m=0.16 < 0.2 \Rightarrow$  **Mauvais goutteur.**

☞ Alors pour ces goutteurs autorégulants et selon les résultats qu'on a trouvés, ils répondent à la norme **ISO9261** parce que la valeur de l'exposant  $m$  est inférieure de 0,2.

En plus les graphes obtenus à partir de leurs équations ( $Q = 3.77 H^{0.06}$  pour le goutteur de 4L/h et  $Q = 7.26 H^{0.16}$ ) sont presque conformes aux graphes fournis par le fabricant (**Figure - III.32 et III.33**)



**Figure III.31** – Les graphes fournis par le fabricant (Goutteur 4 et 8 L/h)

#### MAFA Traceur de Courbes

Langue: Deutsch, English, Français, Italiano, Română, Українська

**Fonctions**

$f(x) = 3.77x^{0.06}$  Bleu

$g(x) = 7.26x^{0.16}$  Rouge

$h(x) =$  Vert

$i(x) =$  Gris

**Famille de courbes**

Calculer fonction  $f$  comme  $f(x; a)$  avec  $a :=$  de 1 à 5 avec un pas de 1

**Quadrillage d'arrière-plan**

Abscisse (X)

Ordonnée (Y)

**Options**

Indiquer aussi les erreurs de syntaxe corrigées automatiquement

**Exécuter**

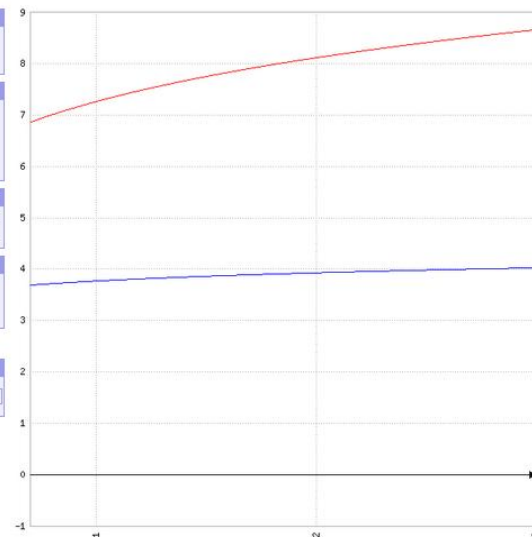
Tracer représentation graphique des fonctions

Afficher tableau de valeurs

Vos amis sur Facebook

Retrouvez amis, famille et cama- rades de classe. Créez un profil

#### Représentation graphique des fonctions



#### Tableau de valeurs

x	f(x)	g(x)
0,5	3,62	6,50
1,0	3,77	7,26
1,5	3,86	7,75
2,0	3,93	8,11

**Figure III.32** – Les graphes représentatifs des équations obtenus par les essais



❖ **Remarque :**

Pour arriver à représenter les équations obtenus par les essais de la courbe de performance, nous avons utilisé *MAFA Traceur de Courbes* qui est un logiciel qui permet de calculer, dessiner et afficher la courbe d'une fonction mathématique et aussi le tableau de valeurs directement en ligne a partir de ce site web : <http://www.mathe-fa.de/fr>

☞ En conclusion de ce travail il ressort que l'analyse des caractéristiques techniques des goutteurs de fabrication locales faites au niveau de l'INSID et au niveau de notre station expérimentale est contradictoire. En effet la valeur des constantes dimensionnelles  $K$  et l'exposant  $m$  sont différentes .ceci peut s'expliquer par le fait que nous avons travaillé sur les quatre meilleurs goutteurs c'est-à-dire ceux dont les débits sortant se rapprochent du débit nominal et non sur l'ensemble des goutteurs.

De plus le nombre de goutteurs sur une rampe est nettement inférieur à celui du laboratoire de référence.

Cependant en ce qui concerne les valeurs du coefficient de variation du débit et celle de la variation du débit nominal elles se rejoignent car notre étude à portée sur l'ensemble des goutteurs mis en service

Ainsi la valeur de  $K$  et  $m$  aurait du être mesurée sur l'ensemble des goutteurs et non sur un nombre réduit.

Hormis cette remarque, notre travail nous a permis quand même d'observer l'évolution des débits en fonction du temps et de la pression pour les deux qualités d'eau utilisées et de pouvoir prévoir le colmatage des goutteurs.

Le protocole expérimental demande à être affiné afin de pouvoir généraliser nos conclusions.



*Conclusion*

## *CONCLUSION*

Afin d'étudier les performances et fiabilités des goutteurs en fonction de la qualité de l'eau et contrôler les caractéristiques techniques des équipements d'irrigation (les canalisations de PE), nous avons été amenés à diviser le travail en 2 parties, une partie portant sur le contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation et leur fonctionnement, et une deuxième partie consacrée au suivi in situ du phénomène de colmatage et à la sensibilité des différents types de goutteurs.

L'installation des dispositifs expérimentaux sur les deux sites nous a permis un suivi des paramètres à étudier: à savoir les coefficients de variation et d'uniformité et leur évolution, la courbe de performance et les caractéristiques des distributeurs (m, k), la teneur en noir de carbone des conduites et leur prédiction de la résistance aux UV (Les rayons Ultraviolets), et le colmatage des goutteurs .....

Dans une première étape, nous avons contrôlé les équipements d'irrigation au sein du laboratoire de contrôle des caractéristiques techniques des équipements d'irrigation de l'I.N.S.D selon les normes et nous avons trouvé que :

- ✓ Les goutteurs autorégulant algériens sont hors normes soit pour l'homogénéité de fabrication (le coefficient de variation) ou soit pour la loi débit-pression (la courbe de performance), ce engendre une hétérogénéité des débits avec comme conséquences un arrosage de mauvaise qualité, des apports irréguliers de fertilisants et un mauvais développement de la culture.
- ✓ La teneur en noir de carbone de nos conduites ne correspond pas à la norme, le pourcentage étant inférieur à 2%, ce que va causer la dégradation du polymère par les UV. En effet, lorsque l'effet de protection du noir de carbone est réduit il affecte négativement sur les performances du polyéthylène et diminue la résistance au vieillissement car il entraîne une moindre opacité à la lumière ce qui favorise la prolifération des algues chlorophycées (Colmatage organique).

Dans une seconde étape, nous avons testé au sein du laboratoire de l'E.N.S.H le matériel d'irrigation localisée en conditions réelles et ce en le soumettant à des apports répétés d'eaux usées traitées ,l'objectif étant de suivre le colmatage des distributeurs et l'homogénéité des débits sortants des goutteurs du réseau en le comparant au même type du réseau mais irrigué avec de l'eau conventionnelle.

Cette expérimentation nous a permis de conclure que :

- ✓ Le réseau d'eau épurée est plus affecté par le colmatage que le réseau d'eau normale c'est-à-dire une durée de vie moindre que l'autre réseau et on peut l'expliquer par la composition des eaux usées épurées surtout les composants chimiques qui peuvent rendre les parois internes des goutteurs plus rugueuses, les rendant plus sensibles au colmatage par la suite.
- ✓ Durant la variation journalière du débit moyen et pour les deux réseaux, nous avons remarqué une augmentation des débits en sortie de goutteurs de temps à l'autre, nous supposons que ce comportement du fluide au sein du labyrinthe des goutteurs peut être dû à deux facteurs distincts :
  - A. D'une part, en se déposant dans les angles des chicanes, les particules lissent l'écoulement et le déplace vers une trajectoire centrale où la vitesse peut être plus grande, et le cisaillement plus faible.
  - B. D'autre part, les particules peuvent interagir avec les petites échelles de l'écoulement et ainsi diminuer l'énergie cinétique de l'écoulement. Cette laminisation tend à augmenter le débit moyen de l'écoulement dans le labyrinthe.
- ✓ Le goutteur intégré italien répond à toutes les normes ISO soit pour l'homogénéité de fabrication ou soit pour la loi débit-pression avec une bonne valeur d'uniformité par contre les goutteurs en dérivation autorégulants de fabrication algériennes bien qu'ils suivent la norme de la loi débit-pression, leurs coefficient de variation et d'uniformité sont hors normes et on peut expliquer cela par le mauvais rôle de la membrane de silicone qui devrait régler le débit demandé et se déformer et obturer plus ou moins l'orifice de passage de l'eau selon les valeurs de la pression(Mal construit).

En général, nous pensons qu'il faudrait développer et fournir des référentiels techniques complets sur les matériels, équipements et systèmes, avec des spécifications précises afin que les fabricants nationaux puissent s'aligner sur les normes internationales. In situ il faudrait contrôler les installations à la parcelle, en mesurant leurs performances réelles et en donnant aux utilisateurs une meilleure connaissance et capacité opérationnelle d'ajuster et d'améliorer le pilotage et la gestion de leur installation. Un système de filtration est absolument nécessaire, il est l'élément le plus cher dans l'investissement mais sa présence en tête du réseau permet une meilleure longévité du système donc un meilleur amortissement.

Finalement la micro irrigation a pour principal but une économie d'eau et ce grâce à son efficacité et à son coefficient d'uniformité d'arrosage qui ne peuvent être élevés que si les goutteurs sont performants.

La réutilisation des eaux usées épurées est une piste intéressante et inévitable à l'avenir pour la préservation des ressources hydriques, elle sera une vraie solution pour faire face à la rareté de l'eau et pour la préservation de l'environnement. De plus en l'agriculture ces pratiques peuvent permettre d'enrichir certains sols très pauvres ou à faible potentiel agronomique, grâce à leur capacité fertilisante.

Notre modeste travail nous a permis de nous poser beaucoup de questions et de comprendre que plusieurs axes de recherches peuvent être entamés et développés.



*Références Bibliographiques*

## ***Références Bibliographiques***

- [1]. Anonyme. MANUEL D'UTILISATION : Banc de distributeurs d'irrigation localisés INSID Alger .1<sup>e</sup> éd. Valencia : Laboratoire d'Ingénierie Agricole Université Polytechnique, Novembre -2009. 76p.
- [2]. Anonyme, Rapport CEMAGREF .Détermination de la sensibilité au colmatage physique : Finesse de filtration .N°94.France : IRRIGAZETTE, Mai/ Juin 2006 .25p.
- [3]. A.PHOCAIDES. Manuel des techniques d'irrigation sous pression. 2<sup>e</sup> éd. Roma : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, 2008. 308p.
- [4]. C.CHOSSAT et al. Irrigation localisée .In : IRRIGATION : Guide pratique. 3<sup>e</sup> éd. Paris : Cemagref éditions, 2003. 344p.
- [5]. INSTITUT ALGERIEN DE NORMALISATION. Documentation : ISO 9261 :2004 : Matériel Agricole D'irrigation, Distributeurs et tuyaux-distributeurs. 2<sup>e</sup> éd. Alger : IANOR, 2004.22p.
- [6]. LAKHDAR ZELLA, BRAHIM MOUHOUCHE. Guide pratique de micro irrigation. Alger : Office des publications universitaires, 2003.61p.
- [7]. Ollier.CH et Poirée.M. Irrigation : les réseaux d'irrigation théorie : technique et économie des arrosages .France : Eyrolles ,1981.
- [8]. TIERCELIN JEAN-ROBERT, ALAIN VIDAL. Traité d'irrigation.2 éd. Paris : Lavoisier. Paris, 2006.1266 p.
- [9]. YVES PENADILLE, GAETAN DEFFONTAINES, CHANTAL ROSA, ALAIN FARGET, Rapport CEMAGREF (Résultats des tests).Performance des goutteurs faibles débits et des gaines d'arrosage .N°91 éd .France : IRRIGAZETTE, Novembre/ Décembre -2005 .30 p.

### ***Références Sitographiques :***

- [10]. [www.cemadoc.cemagref.fr](http://www.cemadoc.cemagref.fr). (Consulté le : 03/07/2013).
- [11]. [www.FAO.org](http://www.FAO.org). (Consulté le : 05/06/2013).
- [12]. [www.ianor.dz](http://www.ianor.dz). (Consulté le : 12/05/2013).
- [13]. [www.irrigazette.com](http://www.irrigazette.com). (Consulté le : 12/07/2013).
- [14]. [www.irstea.fr](http://www.irstea.fr). (Consulté le : 08/05/2013).
- [15]. [www.iso.org/iso/fr](http://www.iso.org/iso/fr). (Consulté le : 04/06/2013).
- [16]. [www.mbplast.it](http://www.mbplast.it). (Consulté le : 01/05/2013).



*Annexes*



**Annexe I : La liste des normes européennes et internationales applicables ou en  
préparation en 1997 dans le domaine de l'irrigation :**

<i>La liste des normes européennes et internationales applicables ou en préparation en 1997 dans le domaine de l'irrigation</i>	<b><i>Date d'application actuelle (ou prévue)</i></b>
<b><i>1) Normes volontaires (certification, assurance qualité, marques de qualité)</i></b>	
<b><i>CEN normes européennes</i></b>	
<b><i>Travaux du CEN/TC144/SCI (techniques d'irrigation)</i></b>	
<i>Enrouleurs (systèmes) GT1</i>	1998
EN 12324-1 gammes dimensionnelles	1999
EN 12324-2 spécification des tubes PE	1999
EN 12324-3 présentation des caractéristiques techniques	1999
EN 12324-4 documents guides pour l'utilisateur	(1998 ISO)
EN 12324-5/ISO 8224-1 méthodes d'essai	
<i>Pivots (systèmes) GT2</i>	
EN 12325-1 présentation des caractéristiques techniques	1998
EN 12325-2 performances et caractéristiques techniques minimales	1998
EN 12325-3 terminologie et classification	1999
EN 12325-4/ISO 11545 méthodes d'essai	2001
<i>Aspersion à poste fixe couverture intégrale (systèmes) GT3</i>	
wi51 couverture intégrale	(6/2000)
wi52 couverture intégrale - méthodes d'essais	(6/2000)
<i>Arrosage automatique intégré des espaces verts (systèmes) GT4</i>	
EN 12484-1 définition du programme d'équipement	(1999)
EN 12484-1 conception et définition de descriptifs techniques - types	1999
EN 12484-3 automatismes, gestion des installations	2000
EN 12484-4 installation, sécurité et réception	2002
EN 12484-5 réception et méthodes d'essais	2002
<i>Micro irrigation (systèmes) GT5</i>	
EN13635-1 systèmes de micro irrigation	2001
terminologie et données à fournir par le constructeur	
<i>Tubes et raccords GT6</i>	
EN 12734 tubes à raccords rapides	2000
<i>Robinetterie et accessoires GT7</i>	
EN 14067 bornes d'irrigation	2002
EN 14068 Compteurs d'irrigation	2002
<i>Autre</i>	
EN 13742-1 Couverture intégrale - Sélection conception et description de l'installation	2002
EN 13742-1 Couverture intégrale-méthodes d'évaluation	2004
EN 14049 Méthode de mesure et de calcul de l'intensité de l'irrigation	

<b>ISO normes internationales</b>	
<b>Travaux du ISO/TC23/SC18 (Matériels et systèmes d'irrigation)</b>	(document interne)
<b>Terminologie GT1 ISO SC18 WGI N° 2003</b>	(2000? )
DEFINITIONS APPLYING TO IRRIGATION	
symboles graphiques	
<i>Aspersion GT3</i>	
ISO 15886-1 exigences et	2004
ISO 15886-3 essais des asperseurs	2004
ISO 8026 sprays	en cours de révision
<i>Enrouleurs</i>	
ISO 8224-1 essais	2003
ISO 8224-2 tuyau souple - essais	1991
<i>Pivots</i>	
ISO 11545 mesure de la répartition d'eau	1995
ISO 12374 câblage électrique	1996
<i>Distributeurs de micro-irrigation</i>	
ISO9260 goutteurs et rampes de goutteurs	2004
<i> Tubes et raccords</i>	
ISO 8779 tubes en PE spécifications	1992
ISO 8796 tubes en PE fissuration induite par les raccords	1989
ISO 9625 raccords pour tube PE	1993
ISO 13460 colliers de prise en charge pour tube PE	(1997)
NP 13777 raccords à insertion pour tube PE	(2000? )
ISO 11678 tubes aluminium	1996
<i>Robinetterie et accessoires</i>	
ISO 9644 essais de perte de charge dans les vannes	1998
ISO 7714 vannes volumétriques	1999
ISO 9635 vannes hydrauliques	2005
ISO 9911 petites vannes plastiques manuelles	1993
ISO 10522 régulateurs de pression	(1997)
ISO 9952 clapets anti retour	1993
ISO 11419 ventouses à flotteur	(1997)
<i>Fertilisation et injection de produits chimiques</i>	
ISO 13457 pompes doseuses hydrauliques	(1997)
ISO 13458 cuves d'injection	(1997)
<i>Filtres</i>	
ISO 9912-1 classification	2003
ISO 9912-2 filtres à tamis	1992
ISO 9912-3 filtres à tamis à nettoyage automatique	1992
<i>Installations</i>	
ISO 11738 installations de tête	1996
ISO TR 15155 2005: <i>Testing Facilities For Irrigation Equipment</i>	
ISO/TR 8059 systèmes automatiques à commande hydraulique	1986

<b>2) Directives européennes et normes harmonisées prises en application de ces directives (marquage CE)</b>	
<p><i>Directive “ machines ” (sécurité)</i>  EN 292, EN 294... normes génériques sur la sécurité des machines  prEN 809 sécurité des pompes  prEN 908 sécurité des enrouleurs  prEN 909 sécurité des pivots  sécurité des canons (pas de norme, utiliser prEN 908)</p>	<p>1996  1991 et 1992  (1997?)  (1997?)  (1997?)  depuis 1973</p>
<p><i>Directive “ basse tension ” (sécurité électrique)</i>  pompes, pivots, vannes, programmeurs, tous appareils électriques et électroniques (pas de norme spécifique irrigation, appliquer la directive et les normes EN génériques EN 60730 et EN 60065 etc. )</p>	
<p><i>Directive “ compatibilité électromagnétique ” (interférences)</i>  vannes, programmeurs, tous appareils électriques et électroniques (pas de norme spécifique irrigation, appliquer la directive et les normes EN génériques EN 55022 et EN 55082, etc. )</p>	<p>1/1996</p>
<p><i>Directive “ récipients à pression simple ”</i>  ne s'applique qu'aux grosses installations (ballons anti bélier, etc. )</p>	<p>1990</p>
<p><i>Directive compteurs d'eau froide</i>  inapplicable en fait pour les compteurs d'irrigation</p>	<p>applicable à l'eau potable</p>
<p>future directive “ équipements sous pression ”</p>	<p>à l'étude</p>

(Source : TIERCELIN JEAN-ROBERT, ALAIN VIDAL. *Traité d'irrigation*.2 éd)

❖ *Sigles employés:*

- ✓ CEN: Comité européen de normalisation.
- ✓ EN: norme européenne.
- ✓ prEN: projet de norme européenne.
- ✓ Wi: work item (sujet de travail).
- ✓ ISO: International organization for standardization.
- ✓ ISO xx: norme internationale.
- ✓ ISO/TR: rapport technique.
- ✓ CD: projet de comité.
- ✓ NP: nouveau sujet.

**Annexe II.A : Le laboratoire de l'INSID et ses bancs d'essais :**



**Vue Intérieure Du laboratoire**



**Banc d'essai d'aspersion**



**Banc d'essai de durabilité des aspersion**



**Banc d'essai goutte à goutte**

Testeur de la teneur  
de en noir de carbone



Banc d'essai de la résistance à  
la pression interne



Analyseur Calorimétrique  
Différentiel (DSC 1) METTLER  
(Pour déterminer le temps  
d'induction à l'oxydation)

Banc d'essai de résistance  
des matériaux



Microscope de la  
dispersion de noir carbone





**Annexe II.B : Les différents matériels des du site expérimental de l'E.N.S.H :**

Réseau D'eau Normale	Réseau D'eau Epurée
<i>* Les Pompes *</i>	
 <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Type: SPERONI -KPM 50</b></li><li>• <b>Tension : 220V</b></li><li>• <b>Puissance: 0.37 et 0.55 kw.</b></li><li>• <b>Nbr.Tr.m: 2800.</b></li><li>• <b>Intervalle des pressions: 34–10 m.</b></li><li>• <b>Intervalle des débits : 35-5 L/m</b></li></ul>	 <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Type: PENTAX-PM 60</b></li><li>• <b>Tension : 220V</b></li><li>• <b>Puissance: 0.37 et 0.49 kw.</b></li><li>• <b>Nbr.Tr.m: 2000.</b></li><li>• <b>Intervalle des pressions: 40–09 m.</b></li><li>• <b>Intervalle des débits : 35-5 L/m</b></li></ul>
<i>*Source d'eau*</i>	
<p style="text-align: center;"><b>- Réservoir d'eau normale -</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>* Vue de coté *</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>- Bâche d'eau épurée -</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>*Vue extérieure*</b></p>

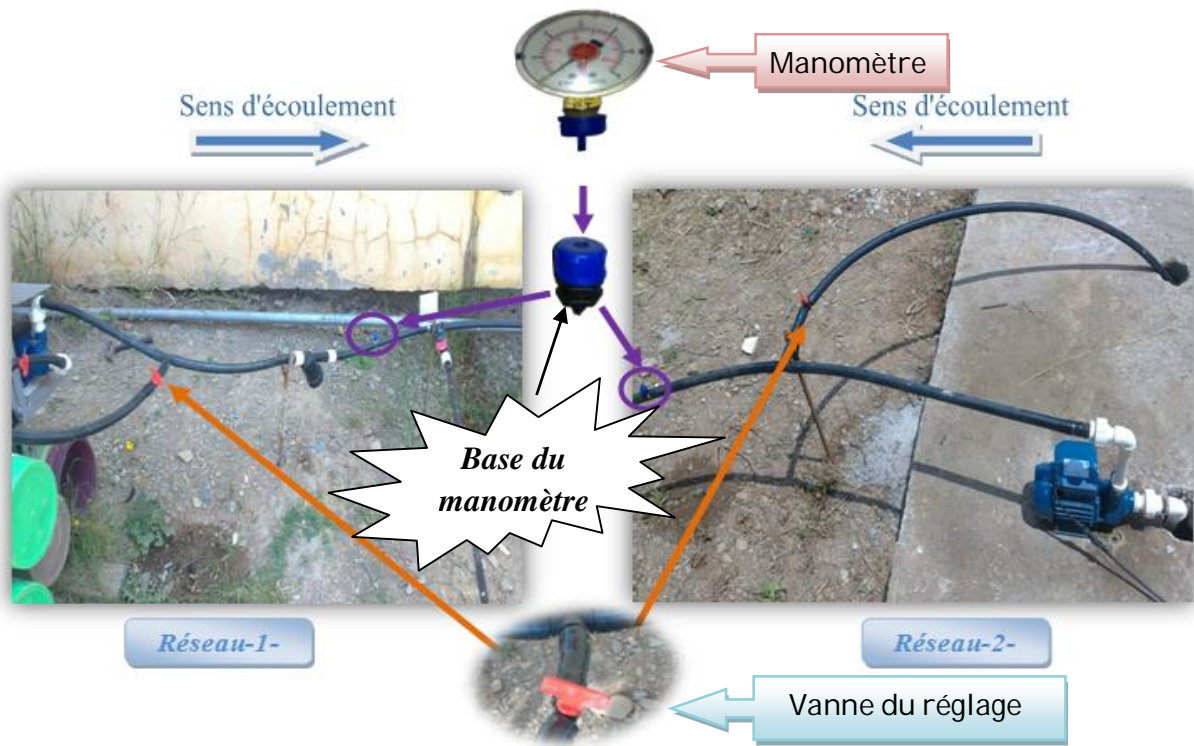


**\*Système du remplissage\***



**\*Vue intérieure\***

*\*Système du réglage de la pression\**



*\*Le Chronomètre du comptage\**





*\* Les seaux récupérateurs \**



*\*Autres Matériels\**



**Clapet Anti-retour**



**Filtre à tamis  
G (3/4) "**



**Crépine pour  
l'eau épurée**



**Vanne  
MB\_PLAST  
cannelée**



**Anneau fin  
de ligne**



**Vanne cannelée et filetée  
mâle+ Raccord tape**



**Poinçon**



**Pérorieuse  
à main**



**Manomètre de la  
glycérine**

**Annexe III.A : Les suivis des débits au cours de l'expérimentation :**

\* Goutteur - 2L/h - \*  
\*L'eau Normale\*

N° D'Essai	G1.1	G1.2	G1.3	G1.4	G1.5	G1.6	G1.7	G1.8	G2.1	G2.2	G2.3	G2.4	G2.5	G2.6	G2.7	G2.8	G3.1	G3.2	G3.3	G3.4	G3.5	G3.6	G3.7	G3.8
Essai N°=1	1.40	1.60	1.50	1.50	1.44	1.40	1.36	1.30	1.45	1.50	1.50	1.45	1.40	1.39	1.50	1.45	1.45	1.50	1.40	1.42	1.30	1.33	1.30	1.25
Essai N°=2	1.50	1.30	1.45	1.40	1.30	1.30	1.30	1.20	1.40	1.50	1.50	1.40	1.35	1.60	1.30	1.40	1.40	1.30	1.40	1.41	1.30	1.35	1.40	1.30
Essai N°=3	1.50	1.20	1.50	1.60	1.50	1.50	1.60	1.50	1.50	1.60	1.60	1.60	1.60	1.50	1.49	1.60	1.60	1.50	1.43	1.50	1.55	1.60	1.50	1.35
Essai N°=4	1.52	1.30	1.45	1.50	1.45	1.40	1.40	1.60	1.30	1.30	1.35	1.40	1.30	1.35	1.35	1.50	1.55	1.50	1.50	1.55	1.52	1.39	1.55	1.34
Essai N°=5	1.50	1.30	1.40	1.50	1.50	1.55	1.40	1.30	1.50	1.50	1.50	1.60	1.40	1.40	1.60	1.55	1.55	1.50	1.55	1.55	1.50	1.60	1.50	1.30
Essai N°=6	1.40	1.60	1.50	1.50	1.40	1.50	1.49	1.50	1.60	1.55	1.50	1.52	1.35	1.55	1.55	1.53	1.48	1.50	1.35	1.40	1.45	1.50	1.46	1.30
Essai N°=7	1.40	1.39	1.35	1.30	1.32	1.39	1.30	1.31	1.35	1.41	1.38	1.35	1.34	1.40	1.49	1.31	1.50	1.40	1.39	1.50	1.45	1.40	1.40	1.50
Essai N°=8	1.35	1.40	1.35	1.40	1.35	1.40	1.32	1.30	1.50	1.38	1.35	1.41	1.38	1.35	1.45	1.32	1.40	1.41	1.38	1.50	1.45	1.60	1.35	1.40
Essai N°=9	1.50	1.35	1.29	1.45	1.50	1.50	1.40	1.39	1.50	1.40	1.40	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.51	1.52	1.50	1.62	1.50	1.49
Essai N°=10	1.50	1.50	1.40	1.50	1.45	1.40	1.40	1.40	1.55	1.45	1.40	1.50	1.45	1.55	1.60	1.50	1.50	1.38	1.60	1.40	1.30	1.25	1.25	1.40
Essai N°=11	1.40	1.45	1.35	1.50	1.40	1.50	1.45	1.35	1.40	1.50	1.50	1.45	1.35	1.50	1.45	1.40	1.40	1.40	1.55	1.55	1.40	1.35	1.40	1.35
Essai N°=12	1.39	1.30	1.35	1.52	1.50	1.51	1.50	1.40	1.52	1.55	1.50	1.50	1.49	1.55	1.50	1.50	1.40	1.50	1.40	1.40	1.30	1.50	1.50	1.60
Essai N°=13	1.45	1.25	1.40	1.40	1.50	1.50	1.40	1.35	1.40	1.55	1.40	1.50	1.39	1.51	1.50	1.50	1.55	1.50	1.50	1.41	1.50	1.50	1.48	1.57
Essai N°=14	1.39	1.50	1.40	1.50	1.45	1.55	1.50	1.50	1.52	1.62	1.25	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.45	1.55	1.55	1.48	1.50	1.40	1.35	1.55
Essai N°=15	1.50	1.52	1.48	1.49	1.20	1.60	1.50	1.40	1.45	1.50	1.50	1.50	1.40	1.55	1.55	1.50	1.60	1.60	1.52	1.40	1.25	1.48	1.50	1.50
Essai N°=16	1.50	1.49	1.50	1.50	1.60	1.60	1.53	1.49	1.55	1.55	1.52	1.60	1.55	1.53	1.60	1.50	1.35	1.55	1.55	1.25	1.35	1.50	1.50	1.55
Essai N°=17	1.30	1.40	1.35	1.50	1.50	1.45	1.40	1.40	1.52	1.55	1.50	1.55	1.50	1.51	1.50	1.54	1.60	1.51	1.50	1.15	1.49	1.52	1.50	1.50
Essai N°=18	1.50	1.50	1.48	1.50	1.25	1.40	1.45	1.50	1.50	1.60	1.50	1.60	1.50	1.55	1.52	1.49	1.35	1.35	1.50	1.45	1.50	1.45	1.51	1.50
Essai N°=19	1.40	1.55	1.25	1.52	1.20	1.50	1.52	1.50	1.50	1.55	1.52	1.55	1.52	1.60	1.65	1.50	1.55	1.40	1.50	1.55	1.55	1.55	1.50	1.80
Essai N°=20	1.35	1.05	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.55	1.50	1.50	1.50	1.55	1.40	1.50	1.40	1.50	1.40	1.50	1.40	1.55	1.45	1.85
Essai N°=21	1.20	1.45	1.49	1.45	1.50	1.50	1.40	1.50	1.50	1.50	1.45	1.45	1.48	1.50	1.50	1.42	1.50	1.40	1.49	1.50	1.45	1.45	1.30	1.50
Essai N°=22	1.20	1.40	1.50	1.48	1.50	1.50	1.45	1.45	1.50	1.55	1.50	1.50	1.48	1.52	1.50	1.48	1.55	1.50	1.48	1.45	1.50	1.45	1.48	1.40
Essai N°=23	1.42	1.39	1.39	1.30	1.39	1.40	1.30	1.30	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.35	1.55	1.15	1.50	1.52	1.35	1.32	1.37	1.40
Essai N°=24	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.51	1.50	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.35	1.30	1.50	1.40	1.30	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.50	1.40
Essai N°=25	1.20	1.50	1.50	1.52	1.51	1.55	1.50	1.50	1.55	1.55	1.55	1.50	1.53	1.25	1.55	1.52	1.15	1.55	1.55	1.51	1.50	1.55	1.55	1.50
Essai N°=26	1.40	1.39	1.40	1.50	1.50	1.51	1.49	1.40	1.52	1.45	1.52	1.48	1.52	1.48	1.50	1.35	1.25	1.30	1.35	1.50	1.30	1.50	1.52	1.49



<i>Essai N°=27</i>	1.35	1.35	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.42	1.40	1.55	1.50	1.50	1.50	1.25	1.50	1.50	1.55	1.50	1.50	1.50	1.50	1.25	1.50	1.35
<i>Essai N°=28</i>	1.50	1.60	1.55	1.51	1.50	1.55	1.50	1.40	1.55	1.55	1.51	1.55	1.60	1.60	1.52	1.50	1.51	1.50	1.50	1.55	1.50	1.20	1.52	1.51
<i>Essai N°=29</i>	1.50	1.35	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.55	1.50	1.52	1.60	1.40	1.50	1.50	1.45	1.55	1.55	1.40	1.20	1.50	1.55	1.50	1.35
<i>Essai N°=30</i>	1.50	1.50	1.51	1.50	1.51	1.55	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.45	1.47	1.45	1.50	1.20	1.42	1.55	1.45	1.40
<i>Essai N°=31</i>	1.30	1.52	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.55	1.60	1.50	1.60	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.50	1.55	1.55	1.50	1.55
<i>Essai N°=32</i>	1.30	1.40	1.50	1.45	1.50	1.50	1.50	1.45	1.35	1.50	1.45	1.50	1.48	1.52	1.50	1.50	1.55	1.40	1.50	1.55	1.42	1.50	1.45	1.45
<i>Essai N°=33</i>	1.48	1.50	1.25	1.55	1.50	1.52	1.50	1.45	1.52	1.50	1.48	1.60	1.52	1.40	1.45	1.50	1.51	1.50	1.50	1.45	1.35	1.50	1.45	1.48
<i>Essai N°=34</i>	1.45	1.50	1.50	1.48	1.50	1.52	1.48	1.40	1.50	1.45	1.43	1.51	1.45	1.45	1.38	1.40	1.51	1.35	1.40	1.50	1.45	1.50	1.48	1.55
<i>Essai N°=35</i>	1.50	1.20	1.38	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.58	1.55	1.50	1.50	1.51	1.60	1.55	1.52	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.55
<i>Essai N°=36</i>	1.55	1.45	1.50	1.60	1.55	1.57	1.55	1.52	1.59	1.60	1.60	1.60	1.55	1.60	1.52	1.60	1.70	1.55	1.55	1.70	1.75	1.70	1.60	1.55
<i>Essai N°=37</i>	1.50	1.48	1.40	1.55	1.40	1.48	1.50	1.48	1.52	1.50	1.50	1.42	1.48	1.55	1.50	1.45	1.52	1.55	1.52	1.40	1.45	1.30	1.48	1.52
<i>Essai N°=38</i>	1.50	1.50	1.50	1.52	1.45	1.50	1.55	1.35	1.55	1.60	1.50	1.52	1.40	1.50	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.45	1.50	1.55	1.48
<i>Essai N°=39</i>	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.52	1.50	1.45	1.58	1.55	1.52	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.60	1.48	1.55	1.55	1.49	1.40	1.50	1.55
<i>Essai N°=40</i>	1.50	1.50	1.48	1.52	1.55	1.55	1.55	1.40	1.55	1.55	1.53	1.52	1.50	1.52	1.55	1.50	1.60	1.55	1.55	1.50	1.50	1.60	1.50	1.50
<i>Essai N°=41</i>	1.50	1.50	1.35	1.52	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.50	1.50	1.60	1.55	1.60	1.55	1.60	1.60	1.50	1.60	1.55	1.60	1.55	1.50	1.50
<i>Essai N°=42</i>	1.50	1.50	1.48	1.55	1.50	1.51	1.60	1.49	1.50	1.55	1.40	1.60	1.50	1.55	1.50	1.52	1.52	1.50	1.55	1.60	1.45	1.50	1.50	1.30
<i>Essai N°=43</i>	1.45	1.50	1.48	1.45	1.50	1.50	1.50	1.48	1.55	1.50	1.50	1.48	1.50	1.50	1.60	1.52	1.60	1.50	1.50	1.45	1.55	1.45	1.50	1.50
<i>Essai N°=44</i>	1.55	1.48	1.45	1.40	1.50	1.55	1.50	1.50	1.50	1.60	1.55	1.50	1.60	1.50	1.50	1.55	1.43	1.40	1.35	1.50	1.50	1.50	1.50	1.48
<i>Essai N°=45</i>	1.40	1.40	1.45	1.50	1.45	1.50	1.48	1.30	1.55	1.50	1.50	1.50	1.52	1.50	1.52	1.38	1.53	1.45	1.50	1.45	1.40	1.48	1.50	1.50
<i>Essai N°=46</i>	1.55	1.60	1.40	1.55	1.52	1.53	1.51	1.49	1.60	1.65	1.55	1.55	1.53	1.60	1.60	1.50	1.60	1.55	1.60	1.60	1.47	1.55	1.50	1.48
<i>Essai N°=47</i>	1.52	1.59	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.40	1.35	1.56	1.55	1.60	1.50	1.52	1.55	1.48	1.60	1.50	1.55	1.50	1.49	1.50	1.50	1.52
<i>Essai N°=48</i>	1.30	1.45	1.40	1.45	1.50	1.52	1.40	1.40	1.55	1.50	1.50	1.60	1.50	1.50	1.51	1.45	1.60	1.40	1.40	1.50	1.45	1.50	1.50	1.50
<i>Essai N°=49</i>	1.60	1.50	1.45	1.52	1.50	1.55	1.50	1.40	1.50	1.50	1.40	1.50	1.40	1.60	1.50	1.40	1.55	1.35	1.50	1.50	1.40	1.50	1.50	1.35
<i>Essai N°=50</i>	1.50	1.50	1.35	1.50	1.48	1.52	1.55	1.40	1.50	1.55	1.55	1.50	1.60	1.50	1.55	1.53	1.50	1.50	1.40	1.48	1.40	1.40	1.35	1.50
<i>Essai N°=51</i>	1.55	1.55	1.50	1.50	1.50	1.48	1.48	1.50	1.50	1.50	1.40	1.55	1.35	1.60	1.55	1.52	1.60	1.52	1.50	1.50	1.45	1.50	1.50	1.50
<i>Essai N°=52</i>	1.55	1.55	1.50	1.50	1.52	1.50	1.40	1.35	1.50	1.55	1.48	1.60	1.50	1.50	1.60	1.50	1.60	1.45	1.50	1.60	1.40	1.55	1.55	1.50
<i>Essai N°=53</i>	1.35	1.40	1.52	1.52	1.50	1.55	1.35	1.40	1.50	1.52	1.50	1.52	1.48	1.50	1.52	1.55	1.55	1.50	1.48	1.50	1.40	1.52	1.40	1.49
<i>Essai N°=54</i>	1.50	1.50	1.55	1.48	1.50	1.48	1.50	1.52	1.48	1.55	1.50	1.40	1.48	1.50	1.50	1.35	1.50	1.48	1.50	1.45	1.48	1.52	1.45	1.40
<i>Essai N°=55</i>	1.40	1.55	1.48	1.52	1.55	1.52	1.48	1.50	1.48	1.50	1.48	1.50	1.50	1.52	1.55	1.48	1.52	1.40	1.52	1.51	1.50	1.50	1.48	1.50
<i>Essai N°=56</i>	1.52	1.47	1.50	1.50	1.35	1.50	1.45	1.40	1.50	1.52	1.40	1.50	1.51	1.50	1.48	1.35	1.50	1.50	1.45	1.40	1.45	1.45	1.40	1.40
<i>Essai N°=57</i>	1.40	1.40	1.55	1.50	1.52	1.55	1.50	1.40	1.50	1.53	1.50	1.53	1.50	1.55	1.55	1.52	1.45	1.50	1.50	1.54	1.50	1.50	1.55	1.50

Essai N°=58	1.55	1.50	1.50	1.50	1.55	1.53	1.53	1.50	1.50	1.60	1.55	1.55	1.52	1.55	1.53	1.50	1.55	1.50	1.50	1.55	1.50	1.50	1.50	1.48
Essai N°=59	1.54	1.52	1.50	1.57	1.52	1.55	1.50	1.35	1.52	1.57	1.52	1.55	1.50	1.50	1.57	1.52	1.60	1.57	1.50	1.50	1.55	1.55	1.52	1.51
Essai N°=60	1.55	1.60	1.50	1.60	1.50	1.60	1.52	1.50	1.50	1.60	1.55	1.50	1.60	1.65	1.60	1.50	1.65	1.60	1.55	1.60	1.50	1.65	1.50	1.60
Moy	1.45	1.45	1.45	1.49	1.47	1.50	1.47	1.42	1.50	1.53	1.49	1.52	1.48	1.50	1.52	1.48	1.51	1.47	1.49	1.48	1.46	1.48	1.47	1.47
Moy Tot :																					1.48			

\* Goutteur - 2 L/h - \*  
\*L'eau Epurée\*

N° D'Essai	G1.1	G1.2	G1.3	G1.4	G1.5	G1.6	G1.7	G1.8	G2.1	G2.2	G2.3	G2.4	G2.5	G2.6	G2.7	G2.8	G3.1	G3.2	G3.3	G3.4	G3.5	G3.6	G3.7	G3.8
Essai N°=1	1.52	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.35	1.55	1.35	1.45	1.35	1.50	1.55	1.55	1.25	1.40	1.05	1.50	1.50	1.50	1.35	1.40	1.50	1.55
Essai N°=2	1.50	1.55	1.55	1.55	1.55	1.55	1.50	1.50	1.50	1.50	1.51	1.45	1.50	1.60	1.30	1.45	1.30	1.53	1.55	1.50	1.45	1.40	1.50	1.50
Essai N°=3	1.55	1.55	1.55	1.50	1.55	1.55	1.40	1.50	1.55	1.55	1.50	1.50	1.60	1.50	1.50	1.40	1.25	1.35	1.50	1.50	1.55	1.40	1.50	1.50
Essai N°=4	1.50	1.35	1.52	1.55	1.55	1.55	1.35	1.50	1.50	1.60	1.40	1.50	1.50	1.40	1.30	1.55	1.50	1.50	1.35	1.35	1.35	1.45	1.55	1.50
Essai N°=5	1.51	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.35	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.55	1.50	1.40	1.52	1.40	1.40	1.40	1.35	1.40	1.40	1.50	1.50
Essai N°=6	1.40	1.20	1.40	1.30	1.50	1.45	1.15	1.40	1.40	1.35	1.40	1.40	1.45	1.45	1.30	1.30	1.60	1.40	1.50	1.50	1.20	1.40	1.42	1.45
Essai N°=7	1.40	1.40	1.40	1.35	1.40	1.50	1.30	1.30	1.25	1.20	1.35	1.30	1.50	1.50	1.45	1.40	1.40	1.40	1.40	1.35	1.50	1.40	1.40	1.50
Essai N°=8	1.35	1.25	1.40	1.40	1.40	1.35	1.30	1.40	1.30	1.40	1.32	1.60	1.50	1.40	1.30	1.40	1.25	1.30	1.25	1.40	1.00	1.50	1.40	1.50
Essai N°=9	1.40	1.40	1.40	1.35	1.40	1.35	1.25	1.35	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.55	1.35	1.40	1.35	1.20	1.50	1.30	1.40	1.40	1.50	1.50
Essai N°=10	1.48	1.50	1.45	1.40	1.40	1.40	1.30	1.40	1.40	1.40	1.40	1.35	1.35	1.40	1.50	1.35	1.30	1.40	1.40	1.35	1.30	1.45	1.50	1.50
Essai N°=11	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.40	1.30	1.25	1.35	1.40	1.20	1.30	1.30	1.35	1.40	1.40	1.25	1.30	1.30	1.40
Essai N°=12	1.40	1.45	1.40	1.30	1.35	1.40	1.30	1.42	1.50	1.35	1.40	1.50	1.40	1.30	1.35	1.40	1.40	1.25	1.40	1.40	1.35	1.60	1.40	1.35
Essai N°=13	1.40	1.50	1.42	1.45	1.35	1.40	1.35	1.40	1.45	1.40	1.35	1.50	1.40	1.35	1.40	1.40	1.40	1.35	1.40	1.40	1.40	1.50	1.40	1.40
Essai N°=14	0.90	1.25	1.25	1.20	1.30	1.35	1.20	1.30	1.30	1.40	1.10	1.30	1.20	1.25	1.35	1.25	1.30	1.20	1.40	1.30	1.30	1.30	1.30	1.20
Essai N°=15	1.30	1.30	1.25	1.30	1.30	1.30	1.20	1.20	1.20	1.45	1.10	1.25	1.20	1.50	1.20	1.10	1.10	1.15	1.20	1.50	0.70	1.25	1.30	1.20
Essai N°=16	1.35	1.35	1.40	1.50	1.35	1.50	1.40	1.42	1.30	1.50	1.20	1.25	1.50	1.40	1.30	1.50	1.40	1.35	1.45	1.30	1.50	1.48	1.50	1.30
Essai N°=17	1.30	1.35	1.40	1.35	1.35	1.35	1.30	1.40	1.40	1.40	1.30	1.30	1.38	1.40	1.30	1.30	1.30	1.30	1.33	1.30	1.50	1.40	1.30	1.40
Essai N°=18	1.30	1.31	1.20	1.25	1.25	1.20	1.25	1.30	1.30	1.30	1.25	1.20	1.30	1.35	1.20	1.20	1.40	1.30	1.50	1.25	1.50	1.40	1.30	1.30

Essai N°=19	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.50	1.50	1.50	1.35	1.50	1.50	1.50	1.50	1.40	1.50	1.45	1.50	1.50	1.45	1.50	1.50
Essai N°=20	1.50	1.50	1.50	1.45	1.50	1.55	1.50	1.55	1.50	1.50	1.52	1.50	1.53	1.48	1.45	1.40	1.50	1.50	1.45	1.48	1.50	1.50	1.45	1.40
Essai N°=21	1.30	1.35	1.40	1.30	1.35	1.25	1.20	1.25	1.20	1.35	1.28	1.25	1.25	1.25	1.25	1.30	1.30	1.30	1.25	1.30	1.25	1.25	1.30	1.25
Essai N°=22	1.30	1.25	1.35	1.30	1.30	1.30	1.40	1.30	1.30	1.30	1.25	1.30	1.30	1.25	1.40	1.30	1.25	1.25	1.30	1.30	1.25	1.28	1.30	1.30
Essai N°=23	1.50	1.55	1.55	1.55	1.50	1.55	1.50	1.60	1.55	1.55	1.50	1.55	1.55	1.50	1.40	1.52	1.50	1.55	1.55	1.55	1.35	1.50	1.60	1.62
Essai N°=24	1.40	1.50	1.40	1.50	1.50	1.40	1.35	1.35	1.40	0.50	1.40	1.40	1.40	1.50	1.40	1.30	1.35	1.40	1.30	1.40	1.35	1.35	1.35	1.30
Essai N°=25	1.50	1.40	1.50	1.55	1.20	1.50	1.35	1.60	1.50	1.40	1.50	1.35	1.45	1.40	1.35	1.40	1.50	1.60	1.50	1.50	1.35	1.50	1.40	1.40
Essai N°=26	1.35	1.40	1.40	1.50	1.45	1.35	1.40	1.40	1.35	1.45	1.50	1.55	1.40	1.35	1.45	1.45	1.40	1.55	1.50	1.40	1.50	1.50	1.40	1.40
Essai N°=27	1.40	0.90	1.30	1.30	1.40	1.35	1.25	1.35	1.30	1.10	1.40	1.40	1.45	1.50	1.20	1.30	1.55	1.40	1.30	1.20	1.10	1.30	1.40	1.40
Essai N°=28	1.25	1.25	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.25	1.35	1.30	1.30	1.20	1.25	1.20	1.25	1.25	1.20	1.35	1.20	1.25	1.30
Essai N°=29	1.30	1.20	1.25	1.25	1.20	1.20	1.20	1.25	1.30	1.15	1.20	1.30	1.20	1.20	1.20	1.25	1.25	1.20	1.20	1.30	1.20	1.20	1.25	1.15
Essai N°=30	1.20	1.20	1.20	1.20	1.25	1.20	1.20	1.15	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20	1.25	1.25	1.20	1.25	1.20	1.20	1.20	1.20	1.30	1.25	1.20
Moyen	1.39	1.38	1.40	1.40	1.40	1.40	1.32	1.39	1.38	1.36	1.35	1.39	1.41	1.41	1.33	1.36	1.35	1.36	1.39	1.38	1.33	1.39	1.40	1.39
Moy Tot :																					1.38			

\* Goutteur - 4L/h - \*  
\* L'eau Normale \*

N° D'Essai	G1.1	G1.2	G1.3	G1.4	G1.5	G1.6	G2.1	G2.2	G2.3	G2.4	G2.5	G2.6	G3.1	G3.2	G3.3	G3.4	G3.5	G3.6
Essai N°=1	4.32	4.80	4.00	6.00	6.00	6.20	6.00	5.00	4.50	4.00	6.00	4.20	7.20	6.00	4.40	5.00	3.40	4.20
Essai N°=2	4.00	4.00	3.80	5.50	5.30	6.50	6.20	3.80	4.00	4.00	7.10	4.30	6.00	5.50	7.00	6.00	3.20	4.50
Essai N°=3	3.70	3.60	3.55	6.20	5.80	6.40	6.20	4.00	4.00	4.90	8.00	4.60	6.00	5.50	4.70	5.80	3.50	6.60
Essai N°=4	4.00	4.00	4.20	5.60	5.00	6.20	5.50	4.20	7.00	4.50	7.50	4.60	6.00	5.60	4.90	5.90	3.30	5.60
Essai N°=5	4.10	3.65	3.80	5.30	4.70	6.20	5.50	4.50	7.10	3.80	5.80	4.60	6.00	5.60	5.00	6.00	3.80	6.10
Essai N°=6	4.10	4.40	3.90	5.40	4.70	6.30	5.30	4.00	4.70	3.90	5.80	4.55	6.00	5.60	4.80	5.80	3.30	4.80
Essai N°=7	4.10	3.90	4.20	5.50	4.70	6.60	5.20	5.50	4.00	4.00	6.10	4.80	6.20	6.00	5.00	6.20	3.50	5.30
Essai N°=8	4.05	3.90	3.90	5.40	4.40	6.80	5.05	3.90	4.00	4.40	6.05	4.70	6.90	6.00	4.90	5.90	3.60	5.60
Essai N°=9	4.85	3.70	5.90	4.90	4.60	6.10	6.10	7.00	4.00	3.70	5.65	5.00	5.90	5.60	4.90	5.90	3.40	5.10

Essai N°=10	4.20	4.00	6.70	5.50	5.00	6.60	6.20	5.00	5.50	4.00	6.30	4.90	7.10	6.00	5.10	6.00	3.60	5.40
Essai N°=11	4.00	3.90	6.40	5.40	6.50	6.30	6.50	4.50	6.30	6.50	6.00	4.90	7.00	5.50	5.00	5.80	3.50	5.50
Essai N°=12	4.20	4.00	4.00	5.80	5.50	6.40	6.50	4.20	4.00	4.00	7.00	4.80	6.05	6.00	5.10	5.80	3.50	5.30
Essai N°=13	4.20	4.00	4.50	5.90	6.00	6.30	6.20	4.30	3.90	3.90	5.80	4.50	6.30	5.70	8.70	6.20	3.60	4.90
Essai N°=14	4.20	3.70	6.60	5.70	5.90	6.50	6.30	3.70	3.80	4.30	6.20	4.50	5.70	6.30	5.00	7.50	3.70	5.50
Essai N°=15	4.40	4.10	5.00	5.50	5.00	6.80	7.30	4.80	4.20	4.65	6.30	5.00	7.20	6.40	8.10	4.40	3.90	5.50
Essai N°=16	4.00	3.70	3.90	5.60	5.00	6.50	5.20	4.30	6.10	4.10	6.50	4.60	5.70	6.10	5.00	6.40	4.60	6.00
Essai N°=17	4.10	3.70	6.30	4.70	6.10	6.00	5.20	4.30	6.30	4.30	6.00	4.50	7.00	5.90	7.60	3.80	3.50	5.00
Essai N°=18	4.90	4.00	6.80	5.75	5.50	6.20	6.30	4.20	5.60	4.30	2.80	4.80	7.20	6.40	5.00	4.50	4.00	5.40
Essai N°=19	4.10	3.90	6.30	5.40	5.40	6.30	6.50	4.60	3.90	3.90	6.50	4.50	6.70	6.00	4.90	5.90	3.80	5.50
Essai N°=20	4.10	3.90	4.00	5.20	5.00	6.00	5.00	6.20	4.00	3.90	5.60	4.40	6.10	6.30	4.90	3.90	4.30	4.90
Essai N°=21	4.00	3.80	5.98	5.10	4.70	6.90	6.10	3.65	4.00	4.70	6.00	4.50	7.10	6.20	5.00	4.00	3.50	5.40
Essai N°=22	4.15	4.80	6.40	5.10	5.05	6.40	6.65	4.60	5.60	4.30	6.00	4.60	5.35	5.40	7.60	5.50	4.80	5.25
Essai N°=23	3.80	3.70	5.90	4.70	4.80	6.20	6.50	4.20	5.30	3.90	5.50	4.80	8.10	5.10	4.30	4.60	3.40	4.90
Essai N°=24	4.10	4.05	4.20	5.40	5.30	6.40	6.30	4.05	4.10	4.30	6.10	4.90	7.50	5.80	6.60	4.20	3.60	5.60
Essai N°=25	4.10	4.00	6.50	4.50	4.00	5.90	5.30	5.00	5.60	4.20	7.20	4.60	7.10	5.80	7.70	3.90	3.50	5.10
Essai N°=26	3.50	4.00	6.40	5.80	5.90	6.20	6.50	4.50	4.00	4.50	8.20	5.00	7.05	6.00	5.10	5.60	2.50	5.30
Essai N°=27	4.00	4.10	6.10	5.10	6.50	6.30	5.80	5.50	4.20	4.00	5.80	4.85	8.10	5.90	4.75	3.90	3.60	5.60
Essai N°=28	4.70	3.90	5.80	4.20	5.00	6.20	5.20	4.85	6.30	4.35	4.30	4.40	6.40	5.60	7.90	6.20	3.40	5.00
Essai N°=29	4.10	3.90	6.20	4.70	5.85	6.50	5.50	4.30	4.50	4.20	6.70	4.60	5.70	5.80	4.90	3.90	3.55	5.10
Essai N°=30	4.10	3.85	6.30	4.35	4.00	6.40	5.20	4.60	4.30	3.90	7.85	5.05	7.20	6.85	6.50	4.00	3.50	5.10
Essai N°=31	4.00	3.90	5.50	5.70	4.70	6.40	6.20	4.70	3.90	3.90	3.70	4.40	6.40	5.50	4.60	5.40	3.30	3.80
Essai N°=32	4.30	4.20	4.10	6.00	5.10	6.00	5.50	5.50	4.70	4.30	5.50	4.80	6.30	5.20	5.10	6.10	3.80	5.70
Essai N°=33	4.20	4.00	6.40	5.90	5.00	5.80	6.20	5.00	4.20	3.80	6.00	4.80	5.90	7.40	6.50	4.00	4.15	5.50
Essai N°=34	4.30	4.00	6.40	5.20	5.00	6.10	5.00	6.50	4.40	5.10	5.75	4.80	6.70	5.60	5.90	5.50	3.60	4.00
Essai N°=35	4.20	4.00	3.80	5.20	4.30	5.50	6.20	3.80	4.00	4.20	2.60	4.55	7.80	5.40	6.40	6.40	4.05	5.10
Essai N°=36	4.05	3.80	6.10	5.25	5.20	6.50	5.80	4.00	5.30	4.30	5.90	4.60	6.50	5.50	6.40	4.50	4.50	5.10
Essai N°=37	3.90	3.85	5.70	5.00	5.10	5.90	6.70	4.50	3.90	4.00	4.90	4.80	5.60	5.20	4.25	4.60	3.60	4.20
Essai N°=38	4.00	4.10	6.50	5.30	4.70	6.20	6.80	5.10	5.50	4.30	6.00	4.70	6.10	5.50	7.50	6.30	4.05	5.00
Essai N°=39	3.90	3.70	5.60	4.80	4.80	6.80	6.20	5.40	4.50	4.20	5.40	4.80	5.80	5.50	5.40	6.10	4.40	5.30
Essai N°=40	4.10	3.90	4.80	5.00	4.50	6.30	4.75	5.70	4.00	3.80	4.90	6.00	5.60	5.50	4.70	5.90	4.00	5.30

Essai N°=41	3.80	4.00	5.20	4.60	4.60	6.10	6.00	4.50	5.30	4.00	5.80	4.70	5.55	5.60	4.80	6.00	3.50	4.95
Essai N°=42	4.00	6.30	3.80	5.40	4.00	5.90	4.00	5.10	3.80	4.20	2.50	4.50	6.40	5.50	5.50	6.00	3.80	3.90
Essai N°=43	4.00	4.00	3.80	5.40	4.20	6.00	5.40	7.50	4.00	4.00	5.80	6.20	5.50	7.00	6.20	4.70	3.70	5.00
Essai N°=44	4.00	3.80	5.40	3.90	6.00	4.90	5.40	7.00	4.00	3.80	6.20	6.20	5.80	5.80	5.00	6.80	3.50	5.80
Essai N°=45	3.10	3.90	3.50	5.10	4.05	5.60	5.00	9.00	4.25	3.50	1.90	4.00	5.70	5.30	6.00	5.20	3.30	5.00
Essai N°=46	4.20	4.10	3.90	5.00	4.80	4.60	6.40	4.70	5.10	4.30	2.90	4.80	6.80	6.40	5.70	5.20	3.50	5.40
Essai N°=47	4.00	3.70	3.50	4.40	4.20	6.40	5.30	4.20	4.40	4.00	1.75	4.10	6.90	4.50	4.70	5.40	3.45	4.80
Essai N°=48	3.90	3.70	3.50	4.50	3.40	5.50	6.20	4.70	4.90	4.10	2.25	5.20	6.80	5.50	4.90	6.00	3.40	4.10
Essai N°=49	4.10	3.70	3.60	4.30	4.50	6.50	6.25	5.25	4.50	3.85	0.50	3.25	6.70	5.50	4.80	6.10	3.50	4.50
Essai N°=50	4.30	4.00	3.90	4.50	6.50	6.50	6.20	5.40	5.00	4.20	3.00	3.80	6.00	5.80	5.20	6.50	3.60	3.50
Essai N°=51	4.70	4.00	4.00	4.70	3.80	6.00	6.00	5.40	4.90	4.50	2.30	5.50	5.70	5.60	5.00	6.40	3.50	4.50
Essai N°=52	4.20	4.00	5.80	5.05	5.50	5.60	4.20	4.10	5.00	4.85	6.20	4.30	6.30	5.50	4.90	5.20	3.60	4.40
Essai N°=53	4.30	4.20	4.30	5.70	4.90	7.00	7.00	4.80	4.00	5.10	7.70	7.40	6.00	6.20	5.10	6.60	4.20	4.70
Essai N°=54	4.00	4.00	5.20	5.30	3.60	6.80	5.20	5.10	4.20	4.40	6.00	4.10	6.00	5.60	7.70	5.30	4.00	4.30
Essai N°=55	4.10	4.00	5.50	5.50	6.80	5.00	6.40	5.00	4.30	4.40	4.30	6.00	5.90	6.20	6.40	6.50	4.30	4.50
Essai N°=56	4.00	4.20	4.90	5.40	5.50	6.80	6.40	5.00	4.50	4.50	6.50	4.20	7.50	5.70	5.00	4.30	4.00	4.25
Essai N°=57	4.10	4.00	5.00	5.50	3.60	6.10	6.20	4.10	4.10	3.90	5.20	4.40	6.00	6.00	5.00	4.50	4.10	4.50
Essai N°=58	5.50	4.00	5.70	5.40	4.70	6.60	5.90	4.00	4.00	4.30	6.60	6.00	6.10	5.60	7.70	6.40	3.90	4.40
Essai N°=59	4.20	4.00	6.10	4.80	4.70	6.60	6.50	4.70	5.30	4.20	6.00	10.00	6.00	5.90	7.10	6.00	3.90	4.80
Essai N°=60	5.05	4.20	5.40	5.75	6.00	6.95	6.50	4.30	4.85	4.90	6.30	10.00	6.80	6.00	7.60	5.40	4.85	4.90
Moy	4.14	4.00	5.07	5.21	5.02	6.23	5.89	4.86	4.66	4.24	5.45	4.95	6.42	5.80	5.69	5.46	3.72	5.00
															Moy Tot :		5.10	

\* Goutteur - 4L - \*

\* L'eau Epurée \*

N° D'Essai	G1.1	G1.2	G1.3	G1.4	G1.5	G1.6	G2.1	G2.2	G2.3	G2.4	G2.5	G2.6	G3.1	G3.2	G3.3	G3.4	G3.5	G3.6
Essai N°=1	4.70	5.10	5.40	3.20	3.50	5.80	4.00	3.60	6.20	4.20	3.70	5.20	5.00	5.30	5.30	5.00	4.80	6.60
Essai N°=2	4.80	4.60	5.05	2.90	5.20	4.90	6.00	3.30	5.10	3.90	3.60	5.20	3.90	5.00	4.50	4.70	4.60	6.00
Essai N°=3	4.80	4.90	5.10	3.00	5.80	4.60	5.70	3.50	5.10	3.70	3.50	4.90	3.00	5.50	5.40	4.70	5.60	5.00

Essai N°=4	5.00	5.40	5.80	3.60	3.60	6.30	6.90	4.10	5.90	4.50	4.00	6.00	4.50	5.20	6.00	5.10	5.10	4.90
Essai N°=5	4.70	5.10	3.70	5.80	5.00	5.40	4.30	6.15	5.80	4.80	4.20	5.80	3.70	5.00	5.10	5.60	4.80	5.50
Essai N°=6	6.70	4.90	3.30	5.40	5.00	4.60	6.20	3.70	5.80	6.80	3.80	6.80	3.40	5.20	4.80	5.30	7.00	1.80
Essai N°=7	5.20	4.80	5.50	3.20	3.20	5.00	4.00	3.20	4.00	5.00	4.50	5.10	3.20	5.10	5.30	4.10	4.20	2.80
Essai N°=8	4.70	5.00	5.50	3.60	3.00	4.80	5.50	3.50	6.40	4.00	3.90	5.00	3.00	5.40	4.30	4.20	4.00	4.30
Essai N°=9	5.00	5.10	5.40	3.40	3.20	4.30	4.30	3.70	6.10	4.10	3.70	4.00	3.70	5.70	4.40	4.00	8.30	5.30
Essai N°=10	5.00	5.30	6.10	3.50	3.60	4.90	5.90	4.00	6.10	4.50	6.40	5.60	3.70	5.70	5.10	4.30	4.00	3.60
Essai N°=11	4.80	5.00	5.50	3.80	4.30	5.40	5.00	3.80	5.70	4.30	4.00	5.50	3.60	5.40	4.50	3.60	5.70	5.40
Essai N°=12	4.50	4.70	5.00	3.70	5.00	9.00	5.70	3.50	5.40	5.50	4.60	4.80	3.40	5.00	4.50	3.20	4.60	4.00
Essai N°=13	4.20	3.70	4.40	3.40	3.50	11.00	5.30	3.40	4.50	3.70	3.40	5.00	4.80	5.00	3.20	1.30	3.00	2.60
Essai N°=14	3.10	4.00	4.10	3.00	3.00	13.80	4.60	3.30	4.00	4.10	4.70	4.30	2.20	4.10	3.70	0.50	4.30	2.00
Essai N°=15	4.00	4.50	4.80	3.00	3.80	13.40	4.00	3.50	5.00	6.40	4.70	4.90	5.50	4.50	4.60	1.00	6.10	2.90
Essai N°=16	4.10	4.60	4.90	3.10	5.50	16.60	3.60	3.50	5.50	3.60	4.40	5.40	4.60	4.90	4.00	0.80	6.60	1.60
Essai N°=17	3.70	4.90	5.10	3.20	3.50	17.30	3.80	3.50	5.25	4.00	3.60	5.00	5.00	5.10	1.90	1.40	7.10	1.50
Essai N°=18	4.70	4.90	5.00	3.10	3.40	13.20	3.70	3.50	5.60	4.00	4.10	5.10	5.50	5.40	3.90	1.80	7.00	1.30
Essai N°=19	4.50	4.70	5.20	3.30	3.30	16.40	3.70	3.30	5.50	4.00	3.20	4.50	3.80	5.40	4.00	1.90	6.10	1.00
Essai N°=20	4.80	4.80	5.30	3.20	3.10	15.20	3.70	3.30	5.50	4.10	3.50	5.00	3.90	5.50	4.00	2.00	6.40	0.70
Essai N°=21	4.70	4.80	3.10	5.00	3.50	11.80	3.90	3.40	3.50	7.10	7.80	3.40	3.80	5.20	3.40	2.40	6.00	0.70
Essai N°=22	4.85	4.80	4.90	3.20	4.50	3.80	3.40	5.10	3.50	2.00	7.30	5.90	3.10	3.80	6.50	1.50	5.50	0.50
Essai N°=23	4.80	5.00	5.40	3.20	5.20	14.10	4.00	3.20	5.70	4.60	6.60	5.10	3.80	5.90	3.80	2.30	3.70	0.50
Essai N°=24	4.80	4.70	3.00	5.30	5.20	13.00	3.05	3.80	5.80	6.30	7.30	4.80	3.50	5.50	3.50	2.00	2.80	1.00
Essai N°=25	5.80	5.10	5.70	3.40	5.40	4.30	4.30	3.50	6.00	7.30	6.10	5.80	4.00	5.80	3.50	2.00	3.50	0.60
Essai N°=26	4.70	4.50	5.00	3.00	4.60	5.10	3.70	3.05	5.00	5.90	3.50	4.00	3.20	2.70	3.10	1.60	1.90	0.20
Essai N°=27	4.50	4.90	5.20	3.00	3.20	4.50	3.70	3.40	6.00	5.70	3.60	4.50	5.20	3.60	3.30	1.80	2.70	0.40
Essai N°=28	4.30	4.30	4.60	3.00	4.20	4.80	3.70	3.30	5.30	7.20	4.50	4.80	3.20	4.30	3.20	1.00	2.50	0.10
Essai N°=29	4.30	4.40	4.60	3.00	3.10	4.50	3.60	3.20	5.30	5.70	3.40	4.00	3.20	4.20	3.20	1.00	1.90	0.10
Essai N°=30	4.40	4.30	4.00	3.00	3.10	4.30	3.40	3.20	5.00	4.90	3.40	4.00	3.10	3.70	3.20	1.00	2.00	0.10
Moy	4.67	4.76	4.86	3.52	4.05	8.40	4.42	3.62	5.32	4.86	4.50	4.98	3.85	4.94	4.17	2.70	4.73	2.43
															Moy Tot :		4.49	

\* Goutteur - 8L - \*

\*L'eau Normale\*

N° D'Essai	G1.1	G1.2	G1.3	G1.4	G1.5	G1.6	G2.1	G2.2	G2.3	G2.4	G2.5	G2.6	G3.1	G3.2	G3.3	G3.4	G3.5	G3.6
Essai N°=1	9.00	7.00	7.00	6.80	7.40	9.60	10.00	7.00	8.00	10.00	7.20	8.00	10.20	10.60	8.00	7.80	15.40	8.00
Essai N°=2	8.20	7.50	6.20	7.30	7.20	15.00	7.60	6.60	7.00	11.40	6.30	6.50	7.10	7.50	7.40	7.10	8.50	8.00
Essai N°=3	10.00	8.00	6.14	7.25	10.20	15.80	9.70	12.00	7.50	9.00	12.50	7.00	8.00	7.50	7.90	7.00	14.50	8.00
Essai N°=4	11.00	8.50	6.60	8.20	8.10	14.00	9.50	13.75	6.60	9.00	12.00	6.60	8.50	8.00	8.00	7.70	15.00	10.00
Essai N°=5	11.00	8.00	7.15	8.00	7.60	11.50	9.80	14.00	6.60	12.00	12.80	7.30	8.60	8.10	7.20	8.00	7.20	9.50
Essai N°=6	11.50	8.10	7.00	8.25	6.80	13.80	7.50	13.00	7.00	13.40	12.00	6.50	9.50	14.50	7.30	7.00	15.00	8.20
Essai N°=7	10.50	6.90	7.00	7.80	6.90	15.80	8.90	14.60	7.40	11.75	7.50	7.50	7.90	9.50	12.25	8.30	7.50	8.00
Essai N°=8	10.20	8.40	6.90	7.90	7.20	16.50	8.60	12.20	6.80	11.50	10.90	7.60	7.90	8.70	8.40	7.60	13.90	13.20
Essai N°=9	9.30	16.00	6.20	7.60	6.70	16.00	8.40	14.80	6.90	12.20	13.70	6.95	8.00	7.20	7.75	7.50	7.40	8.50
Essai N°=10	10.10	8.80	7.20	8.00	6.80	16.50	8.90	13.50	7.10	9.00	7.80	7.60	8.00	7.30	12.00	7.80	12.50	11.60
Essai N°=11	9.60	8.30	7.20	8.00	6.60	14.50	7.00	13.40	6.40	11.07	7.30	7.40	8.50	7.30	11.00	7.50	8.30	13.90
Essai N°=12	11.00	8.70	6.50	8.20	7.50	15.60	8.20	13.10	6.80	7.40	6.45	7.50	8.50	8.40	8.00	7.50	7.50	10.00
Essai N°=13	11.50	6.60	6.70	7.50	7.10	16.00	13.80	14.50	6.50	10.75	8.00	7.20	8.10	9.00	8.60	7.80	8.10	8.50
Essai N°=14	9.60	8.00	6.30	10.50	7.10	16.00	9.00	14.20	6.30	11.05	12.50	6.40	8.35	9.70	8.80	6.40	7.50	8.50
Essai N°=15	10.50	8.90	7.80	8.50	7.05	6.80	16.30	12.80	11.90	14.00	7.30	7.20	6.20	10.50	10.30	7.00	14.80	8.70
Essai N°=16	11.60	6.90	7.00	15.10	6.60	15.50	8.70	15.00	13.50	8.60	6.50	8.00	15.90	9.00	7.40	6.50	13.75	8.50
Essai N°=17	11.00	7.70	6.20	7.50	6.60	10.50	7.30	11.70	7.70	8.10	6.50	7.30	9.00	15.20	7.30	6.40	8.00	8.00
Essai N°=18	11.90	7.50	7.60	10.00	6.50	13.50	9.50	12.50	10.50	12.80	6.90	7.20	15.30	9.80	8.60	7.80	7.70	9.00
Essai N°=19	9.50	8.00	7.00	7.50	7.00	16.00	9.00	12.00	6.50	12.40	11.00	6.70	15.70	8.70	8.50	8.00	11.30	8.70
Essai N°=20	18.50	7.60	6.00	7.60	7.30	15.90	10.50	12.20	12.50	11.50	6.30	6.70	14.80	7.60	7.10	7.40	8.80	8.70
Essai N°=21	13.00	7.80	6.00	7.90	6.15	16.40	6.65	12.00	12.40	11.30	11.80	7.50	16.10	9.20	7.90	7.40	15.00	9.00
Essai N°=22	11.05	8.00	6.90	7.10	6.80	15.30	9.00	11.80	7.60	11.60	6.20	7.80	15.50	9.00	7.80	7.80	14.40	9.00
Essai N°=23	9.80	7.70	7.00	8.00	6.00	11.30	9.30	12.75	7.50	11.50	12.00	7.60	15.70	7.60	8.50	7.75	7.40	8.80
Essai N°=24	10.00	6.90	7.40	8.30	6.50	15.50	8.50	16.00	7.50	8.40	6.50	7.10	15.50	7.60	8.20	8.00	14.00	8.90
Essai N°=25	10.60	8.10	6.90	8.00	7.20	14.70	8.70	13.00	6.40	11.50	6.30	7.50	7.80	9.30	8.40	6.70	8.00	8.70
Essai N°=26	10.60	8.60	7.50	9.00	6.90	15.80	8.50	13.50	7.10	8.50	7.80	7.60	15.30	7.30	9.50	7.80	12.00	11.60

Essai N°=27	8.10	6.75	6.40	7.40	6.40	15.50	7.10	13.10	6.50	11.50	11.80	6.70	15.00	7.90	7.30	8.00	8.20	9.40
Essai N°=28	11.60	8.10	6.40	8.10	7.30	15.50	6.95	12.50	6.20	11.50	12.10	7.70	14.70	9.20	8.10	7.80	15.00	9.30
Essai N°=29	8.80	6.70	6.40	12.00	7.20	15.90	11.70	12.20	6.80	11.00	6.60	14.40	15.00	8.60	7.20	7.70	15.10	10.30
Essai N°=30	8.00	6.60	6.50	14.10	7.30	15.10	8.30	11.75	6.40	11.60	7.20	6.60	13.75	8.90	8.20	7.80	14.90	10.30
Essai N°=31	8.00	6.50	6.30	13.80	6.25	10.50	9.25	13.80	6.20	11.00	6.10	6.40	14.10	9.20	8.40	7.90	13.90	9.00
Essai N°=32	10.50	7.90	6.90	11.70	6.90	9.70	9.00	12.80	6.90	11.80	7.00	7.40	14.70	8.30	7.50	7.80	15.40	11.05
Essai N°=33	10.60	7.50	7.00	9.00	6.40	13.90	8.00	12.30	7.50	12.30	6.45	6.70	14.60	7.40	7.00	6.80	12.90	8.10
Essai N°=34	10.00	7.50	7.00	8.00	6.30	16.50	8.90	11.00	7.40	6.75	6.00	8.00	14.90	7.50	7.00	7.20	9.00	8.05
Essai N°=35	10.50	7.40	6.90	8.00	6.20	15.50	8.10	13.10	7.90	11.60	6.00	7.10	14.60	7.30	7.10	8.00	8.00	13.10
Essai N°=36	11.00	7.50	11.00	6.30	6.35	15.00	9.10	12.00	6.40	11.20	11.10	9.20	13.80	7.50	7.00	8.00	14.10	8.70
Essai N°=37	7.85	7.50	6.50	12.20	6.00	14.05	8.40	11.00	6.00	11.00	10.50	7.40	13.85	7.25	6.50	7.00	7.40	8.90
Essai N°=38	11.00	7.70	8.30	8.30	7.30	16.00	9.00	12.00	7.40	11.80	7.40	6.90	14.50	9.40	6.70	8.80	7.50	11.80
Essai N°=39	9.10	7.30	6.50	8.00	7.10	14.90	7.40	12.00	6.60	11.20	6.80	6.50	14.50	9.00	8.00	7.20	8.30	10.10
Essai N°=40	10.00	7.50	7.00	12.85	6.10	15.30	9.40	12.00	6.00	11.75	7.00	7.60	14.10	7.00	6.95	6.35	13.20	13.50
Essai N°=41	10.10	7.50	7.50	8.10	6.10	15.90	8.30	11.70	7.50	10.50	6.40	6.30	14.50	7.30	8.60	6.60	7.40	12.00
Essai N°=42	11.00	6.20	5.60	7.80	7.00	13.80	8.90	11.50	7.70	10.50	12.00	11.00	6.80	13.40	8.40	7.80	12.80	10.00
Essai N°=43	10.00	8.90	6.20	7.50	7.40	15.00	9.00	11.80	7.70	11.05	6.20	5.60	13.80	8.50	7.00	7.50	13.50	10.50
Essai N°=44	8.00	9.30	5.75	7.10	7.20	14.90	9.20	13.50	8.00	12.50	11.00	6.50	14.00	7.20	7.50	7.40	13.20	9.80
Essai N°=45	10.50	8.50	6.00	7.10	6.90	9.00	8.50	11.60	7.50	11.00	11.80	6.40	14.30	7.10	6.90	7.50	7.15	10.50
Essai N°=46	11.60	9.40	8.10	8.60	7.60	15.50	8.00	13.10	7.90	12.00	7.40	8.10	13.80	9.70	7.80	8.00	8.00	16.60
Essai N°=47	10.50	8.10	6.20	7.90	6.60	12.90	6.80	11.80	9.00	10.50	7.00	7.60	13.00	8.80	7.80	7.85	13.25	12.85
Essai N°=48	11.90	8.50	6.60	8.00	6.40	15.30	7.70	13.25	7.00	11.50	7.00	7.60	15.10	9.80	7.20	7.40	14.10	10.10
Essai N°=49	9.50	8.20	6.00	8.00	7.20	14.20	8.75	11.70	7.60	8.60	12.85	7.50	13.40	9.50	7.00	7.90	8.40	10.10
Essai N°=50	12.00	8.80	6.90	8.10	7.00	15.00	10.50	12.80	12.25	12.00	6.70	8.70	11.50	9.70	7.40	8.10	8.00	10.50
Essai N°=51	9.50	8.50	6.90	6.20	6.40	15.10	6.50	11.80	6.00	11.00	9.20	8.00	14.60	9.50	7.40	7.50	4.30	9.80
Essai N°=52	11.80	8.50	7.30	7.90	6.30	14.85	7.00	12.35	7.60	15.60	7.15	7.70	15.70	8.80	7.10	6.50	8.00	9.70
Essai N°=53	9.70	7.65	7.30	8.00	7.30	7.20	8.30	18.20	6.60	11.50	7.60	8.00	15.00	9.50	8.50	6.90	14.35	11.00
Essai N°=54	11.00	8.90	8.00	7.80	6.40	15.20	7.00	12.90	6.40	12.00	12.50	8.00	14.50	9.50	10.50	7.50	13.70	9.50
Essai N°=55	12.50	8.60	7.80	8.20	6.30	13.00	9.40	10.00	6.40	11.00	7.60	12.70	14.80	9.50	11.00	7.80	11.00	14.50
Essai N°=56	11.00	9.50	6.50	7.80	6.40	17.20	6.80	15.80	7.10	12.40	7.20	8.10	16.50	9.40	10.50	7.70	8.90	16.20
Essai N°=57	9.30	8.80	6.45	6.50	6.45	15.20	7.00	16.30	6.35	11.00	7.10	9.85	9.20	7.55	12.00	6.60	12.10	12.60



<i>Essai N°=58</i>	11.00	10.20	7.30	8.10	6.45	7.20	8.00	16.50	6.10	11.00	6.15	8.00	8.70	8.80	11.00	6.40	14.10	11.00
<i>Essai N°=59</i>	11.60	9.00	8.00	8.15	6.35	7.40	7.00	11.05	9.25	12.70	6.40	6.90	8.60	8.90	8.75	6.60	15.00	11.00
<i>Essai N°=60</i>	12.50	9.50	6.50	7.70	6.60	12.70	7.30	18.50	6.50	11.20	7.50	8.00	8.00	8.10	12.00	8.00	7.70	12.20
<i>Moy</i>	<i>10.51</i>	<i>8.13</i>	<i>6.89</i>	<i>8.50</i>	<i>6.85</i>	<i>14.06</i>	<i>8.66</i>	<i>12.83</i>	<i>7.54</i>	<i>11.09</i>	<i>8.51</i>	<i>7.62</i>	<i>12.30</i>	<i>8.82</i>	<i>8.32</i>	<i>7.46</i>	<i>11.02</i>	<i>10.23</i>
															<i>Moy Tot :</i>		<i>9.41</i>	

\* Goutteur - 8 L/h - \*

\* L'eau Epurée \*

<i>N° D'Essai</i>	<i>G1.1</i>	<i>G1.2</i>	<i>G1.3</i>	<i>G1.4</i>	<i>G1.5</i>	<i>G1.6</i>	<i>G2.1</i>	<i>G2.2</i>	<i>G2.3</i>	<i>G2.4</i>	<i>G2.5</i>	<i>G2.6</i>	<i>G3.1</i>	<i>G3.2</i>	<i>G3.3</i>	<i>G3.4</i>	<i>G3.5</i>	<i>G3.6</i>
<i>Essai N°=1</i>	11.5	8.05	15.2	17	8	7	6.5	15.8	17.7	17	6.5	7.2	6.4	6.4	6.3	16.7	7.7	12.9
<i>Essai N°=2</i>	6.4	6.2	8.1	15.8	9.7	6.7	6	17.1	9.4	9.6	6.8	7.2	6	6.1	6.2	17.2	6.8	15.7
<i>Essai N°=3</i>	6.1	7.5	15.1	11	15.4	6.6	13.3	15.1	11.3	7.8	6.6	6.8	6	8.7	6.2	15.5	7.2	14.6
<i>Essai N°=4</i>	9.1	8.4	7.85	16.8	8.05	7	6.8	17.9	11	10	7.4	7.6	6.6	7.1	5.9	16.5	8.15	12.2
<i>Essai N°=5</i>	13.4	8	13	16.5	8.5	6.2	8.7	20.1	10.5	10	10	6.5	6.5	7.7	6.8	16	8.4	16
<i>Essai N°=6</i>	12.8	6.8	9	12.5	9.2	11	9.5	11	6.5	9.5	7.5	7	6.3	7	6.8	15.8	8.4	16.5
<i>Essai N°=7</i>	12.5	7.5	9.2	16.8	11.5	11.3	6.3	17.4	7.6	11	6.8	6.4	6.5	6.4	5.5	8.8	8.5	9.2
<i>Essai N°=8</i>	13	8	13.2	15.5	8	6.2	6.6	17.5	8	9.5	12.7	6	6.4	6.4	5	10.5	7.4	15.7
<i>Essai N°=9</i>	13	8.3	9.2	18.1	11.2	6.7	6.6	19.5	8.4	9.6	6.8	6.5	6.4	7	6.5	7.2	6.5	8
<i>Essai N°=10</i>	13.75	8.6	9.5	18.3	7.8	7.3	6.8	20.5	8.7	9.8	7.5	8	6.6	12.6	6.6	6.6	7.5	8.9
<i>Essai N°=11</i>	13.4	8	9.3	17.5	8	7.2	6.6	19.9	8.9	9.3	10.5	8	6.4	8.7	6.3	6.3	8.8	18
<i>Essai N°=12</i>	9.5	7.4	8.3	16	11.4	5.8	5	11	8.4	8.9	6	7.4	5.9	6.3	5.8	7.5	8.4	16
<i>Essai N°=13</i>	11	7	7.5	14.3	9.2	10	8.2	8.5	7.9	8.5	5.4	6.7	4.8	6.5	5.4	5.4	6.9	13
<i>Essai N°=14</i>	9.8	5	10	12.7	10	8	4.7	5.3	6.5	7.5	6.1	5.7	4.7	5.1	4.6	4.6	5	13.5
<i>Essai N°=15</i>	5.8	6.4	7.3	15.4	6.6	9.2	5.8	6.9	11.5	8.9	6	6.9	5.9	5.8	5.8	6.3	13.5	14.6
<i>Essai N°=16</i>	5.6	7.4	7.8	16	9.4	7.7	6	6.8	9.6	8.4	5.9	7	5.8	5.8	5.7	6	6.9	14.2
<i>Essai N°=17</i>	6.2	7.8	7.1	16	11.3	12	6.5	7.6	9.8	9.6	7.1	7	6.3	6.4	6.3	6.6	9.1	7
<i>Essai N°=18</i>	6.2	7.9	8.35	15.1	11.3	6.4	6.3	7.4	9.1	9.7	6.5	7.3	6.2	6.2	6.3	6.5	10	7.3
<i>Essai N°=19</i>	6.3	7.8	8.5	17	11	10.2	6.3	7.4	9	9.5	6.7	6.1	6.2	6.3	6.3	7.1	16.3	17.3
<i>Essai N°=20</i>	6.6	8.2	8.5	16.5	11.5	11.6	6.5	7.6	9.1	9.4	6.6	7	6.4	6.3	6.2	7.2	17	17.8

<i>Essai N°=21</i>	6	6.9	8.9	15.9	11.5	6.5	6.4	7.3	7.6	9	6.4	6.7	5.3	6.2	6.5	6.5	6.8	8.2
<i>Essai N°=22</i>	6.1	6.9	7.9	16.5	11.5	5.5	6.4	7.3	8.5	9.1	6.5	6.3	6.3	6.2	6.1	6.4	6.5	7.3
<i>Essai N°=23</i>	6.5	7.2	8.6	16.3	11.75	6.5	6.5	7.7	8.4	9.1	6.6	5.8	6.4	6.4	6.2	7	6.6	6.5
<i>Essai N°=24</i>	6.1	6.9	7.4	15.9	11.7	8.3	6.3	7.4	7.9	8.9	6.5	6.4	6.4	6.1	6.3	5.6	6.55	7.9
<i>Essai N°=25</i>	6.9	7.7	9.3	17.4	12.2	7	7.1	8.2	8.6	10	8	7.1	7.1	6.9	7.5	6.5	17.3	18.9
<i>Essai N°=26</i>	6.3	7.7	6.9	14.3	11	5.8	6.3	8.1	8.4	9.4	6.2	6	6.8	6	6.2	6.5	6.9	8
<i>Essai N°=27</i>	6.3	7	7.2	11.4	7.1	10	7.5	7.9	9	7.4	6	6.8	7.1	6.3	6.3	6.7	7.1	10
<i>Essai N°=28</i>	6.5	5.7	5.7	11.2	12.7	6.6	5.9	6.8	7	8.1	6.4	5.8	5.6	7.1	7.4	9	9.8	6.2
<i>Essai N°=29</i>	6.3	5.7	5.6	11.3	11	6.5	5.4	6.5	7	8	6.3	5.7	5.5	7	6.2	6.5	6.5	6.2
<i>Essai N°=30</i>	6.3	5.6	5.6	11	11	6.5	5.5	6.5	7.1	8	6.4	5.7	5.6	6.2	6.1	6.5	6.6	6.2
<i>Moy Goutteur</i>	<i>8.51</i>	<i>7.25</i>	<i>8.84</i>	<i>15.20</i>	<i>10.28</i>	<i>7.78</i>	<i>6.74</i>	<i>11.13</i>	<i>8.95</i>	<i>9.35</i>	<i>7.02</i>	<i>6.69</i>	<i>6.15</i>	<i>6.77</i>	<i>6.18</i>	<i>8.72</i>	<i>8.64</i>	<i>11.79</i>
<i>Moy Tot :</i>																<i>8.67</i>		

**Annexe III.B : Les Résultats des essais des courbes de performance (Débit-Pression) :**

**A. Goutteur Intégré 2 L/h :**

		*Goutteur 2 L*				
		<i>Pression</i>	<i>Essai N=°1</i>	<i>Essai N=°2</i>	<i>Essai N=°3</i>	<i>Essai N=°4</i>
Goutteur 1 (G2:1)	Pression = 0.5(Bar)		1.05	0.95	0.9	1
	Pression = 1.0(Bar)		1.47	1.4	1.5	1.42
	Pression = 1.5(Bar)		1.75	1.75	1.77	1.75
	Pression = 2.0(Bar)		2.05	2	2	2
Goutteur 2-(G8:1)	Pression = 0.5(Bar)		0.9	0.87	0.9	0.95
	Pression = 1.0(Bar)		1.4	1.4	1.5	1.35
	Pression = 1.5(Bar)		1.79	1.7	1.7	1.75
	Pression = 2.0(Bar)		2	2	2	1.95
Goutteur 3-(G8:2)	Pression = 0.5(Bar)		0.9	0.95	0.9	1
	Pression = 1.0(Bar)		1.35	1.48	1.35	1.52
	Pression = 1.5(Bar)		1.71	1.72	1.75	1.75
	Pression = 2.0(Bar)		2.05	2	2	2
Goutteur 4-(G5:3)	Pression = 0.5(Bar)		1	0.9	0.95	1
	Pression = 1.0(Bar)		1.4	1.48	1.5	1.45
	Pression = 1.5(Bar)		1.7	1.75	1.7	1.8
	Pression = 2.0(Bar)		2	2	2	2

**B. Goutteur Autorégulant 4 L/h :**

		*Goutteur 4 L*				
		<i>Pression</i>	<i>Essai N=°1</i>	<i>Essai N=°2</i>	<i>Essai N=°3</i>	<i>Essai N=°4</i>
Goutteur 1 (G1:1)	Pression = 0.5(Bar)		3.5	3.65	3.25	3.7
	Pression = 1.0(Bar)		4.1	5.5	4.2	5.05
	Pression = 1.5(Bar)		4	4.6	4.5	4.4
	Pression = 2.0(Bar)		5.1	5	5	4.8
Goutteur 2-(G2:1)	Pression = 0.5(Bar)		3.6	3.5	3.6	3.9
	Pression = 1.0(Bar)		4	4	4	4.2
	Pression = 1.5(Bar)		4.8	3.6	3.9	3.8
	Pression = 2.0(Bar)		4.1	4.15	4	3.8
Goutteur 3-(G2:2)	Pression = 0.5(Bar)		3.75	4.15	3.2	4.2
	Pression = 1.0(Bar)		4.1	4	4.7	4.3
	Pression = 1.5(Bar)		3.3	3.5	3.6	3.5
	Pression = 2.0(Bar)		3.6	3.5	3.4	3.2
Goutteur 4-(G4:2)	Pression = 0.5(Bar)		3.4	3.3	4.25	3.65
	Pression = 1.0(Bar)		4.4	4.4	4.5	3.9
	Pression = 1.5(Bar)		3.7	4	4	3.6
	Pression = 2.0(Bar)		4	3.85	3.5	3.6

**C. Goutteur Autorégulant 8 L/h :**

		*Goutteur 8 L*				
		<i>Pression</i>	<i>Essai N=°1</i>	<i>Essai N=°2</i>	<i>Essai N=°3</i>	<i>Essai N=°4</i>
Goutteur 1-(G2:1)	Pression = 0.5(Bar)		7.7	7.4	7.75	8.5
	Pression = 1.0(Bar)		8.9	8.6	9.5	8.8
	Pression = 1.5(Bar)		9.05	8.9	8.6	8.9
	Pression = 2.0(Bar)		9	9.15	8.9	8.6
Goutteur 2-(G4:1)	Pression = 0.5(Bar)		6.4	5.6	4.7	6.3
	Pression = 1.0(Bar)		7.9	8	7.8	8.2
	Pression = 1.5(Bar)		7.9	7.8	7.7	7.9
	Pression = 2.0(Bar)		8	8	8	7.8
Goutteur 3-(G6:2)	Pression = 0.5(Bar)		5.85	9.6	4.6	5.6
	Pression = 1.0(Bar)		9.85	8	6.9	8
	Pression = 1.5(Bar)		7.85	6.4	6.3	6.2
	Pression = 2.0(Bar)		6.6	6.55	6.8	6.3
Goutteur 4-(G2:3)	Pression = 0.5(Bar)		6.2	5.4	5.4	6
	Pression = 1.0(Bar)		7.55	8.8	8.9	8.1
	Pression = 1.5(Bar)		8.2	8	8	8.7
	Pression = 2.0(Bar)		8.1	8.3	8.1	8