

Higher National School of Hydraulic

The Library

Digital Repository of ENSH



المدرسة الوطنية العليا للري

المكتبة

المستودع الرقمي للمدرسة العليا للري



The title (العنوان):

**Etude comparative sur les systèmes de contrôle de pression dans les réseaux d'alimentation en eau potable.**

The paper document Shelf mark (الشفرة) : 6-0002-16

APA Citation ( APA توثيق ):

Arar, Salah (2016). Etude comparative sur les systèmes de contrôle de pression dans les réseaux d'alimentation en eau potable[Thèse de master, ENSH].

The digital repository of the Higher National School for Hydraulics "Digital Repository of ENSH" is a platform for valuing the scientific production of the school's teachers and researchers.

Digital Repository of ENSH aims to limit scientific production, whether published or unpublished (theses, pedagogical publications, periodical articles, books...) and broadcasting it online.

Digital Repository of ENSH is built on the open DSpace software platform and is managed by the Library of the National Higher School for Hydraulics. <http://dspace.ensh.dz/jspui/>

المستودع الرقمي للمدرسة الوطنية العليا للري هو منصة خاصة بتقييم الإنتاج العلمي لأساتذة و باحثي المدرسة.

يهدف المستودع الرقمي للمدرسة إلى حصر الإنتاج العلمي سواء كان منشورا أو غير منشور (أطروحات، مطبوعات، مبداعات، مقالات، الدوريات، كتب....) و بثه على الخط.

المستودع الرقمي للمدرسة مبني على المنصة المفتوحة DSpace و يتم إدارته من طرف مديرية المكتبة للمدرسة العليا للري.

كل الحقوق محفوظة للمدرسة الوطنية العليا للري.



Département Hydraulique Urbaine

## MEMOIRE DE MASTER

*Pour l'obtention du diplôme de Master en Hydraulique*

**OPTION : ALIMENTATION EN EAU POTABLE**

**THEME :**

**ETUDE COMPARATIVE SUR LES SYSTEMES DE  
CONTROLE DE PRESSION DANS LES RESEAUX  
D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE**

**Présenté par :**

**M<sup>r</sup> : ARAR SALAH**

**DEVANT LES MEMBRES DU JURY**

	Nom et Prénom	Grade	Qualité
M <sup>r</sup>	KHODJET-KESBA OMAR	PROFESSEUR	Président
M <sup>r</sup>	KHAHLERRAS DJILLALI	M.C.B	Examinateur
M <sup>me</sup>	AMMOUR FADHILA	M.A.A	Examinatrice
M <sup>me</sup>	SALHI CHAHRAZED	M.A.B	Examinatrice
M <sup>r</sup>	BOUKHELIFA MUSTAPHA	M.A.A	Promoteur

**MAI 2016**

# REMERCIEMENT

*Avant tout, je remercie DIEU qui a illuminé mon chemin et qui m'a armé de courage pour achever mes études.*

*Mes remerciements à ma mère et mon père... Je remercie mon promoteur Mr: BOUKHELIFA.M m'avoir orienté par ses conseils judicieux dans le but de mener a bien ce travail.*

*Par la même occasion je remercie :*

*Les membres du jury qui m'ont honoré par leur présence et qui vont juger mon travail.*

*Mes Enseignants de l'ENSH pour leurs contributions à ma formation de master.*

*Mes remerciements vont également à : toute ma famille, et tous mes amis.*

*Qu'il me soit permis de remercier toutes les personnes qui ont Contribuées de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.*

**ARAR SALAH  
MAI 2016**

# DÉDICACE

## *Je Dédie ce modeste travail*

*Spécialement à mes très chers parents pour leurs Sacrifices, leur*

*Aide et leur soutien.*

*À mon promoteur Mr : Boukhelifa.M*

*À mes frères et ma sœur FOUZI, NABIL, AMINA*

*À toute la famille ARAR*

*À mes Amis de l'ENSH et tout le groupe de l'entreprise de mon père :*

*ARAR MOHAMED ETP*

*À tous mes amis d'hier et d'aujourd'hui avec qui j'ai passé les plus beaux moments de ma vie spécialement le groupe d'AEPISTE et tous mes camarades de l'ENSH et de la cité 3.*

**ARAR SALAH  
MAI 2016**

## ملخص :

إن توزيع المياه الصالحة للشرب في الشبكات يزداد تعقيدا بسبب التطور والجودة حيث تعاني المناطق الحضرية في الجزائر من عدة مشاكل أهمها مشكلة مراقبة الضغط في الشبكات.

للعلم أن العمل المستمر لهذه الشبكات و خاصة ارتفاع الضغط ليلا يؤدي إلى ترسبات كبيرة للماء . ولتحقيق التوزيع الملائم و تحسين الكفاءة للمستهلك يجب إيجاد حل من أجل السيطرة و المراقبة على هذا الضغط الموجود في الشبكات.

حيث تتمحور هذه الدراسة في عرض لمختلف الأنظمة لمراقبة الضغط في شبكات المياه الصالحة للشرب و هذا من خلال دراسة حالة من الحالات الموجودة في الواقع.

## Résumé :

Les réseaux d'alimentation en eau potable deviennent de plus en plus compliqué et ce en raison du développement urbain et de l'amélioration de la qualité de vie. Dans cette optique l'Algérie se voit confronté a une multitude de problèmes entre autres le control des pressions dans ces réseaux. La mise en service continuelle et l'élévation de pression durant la nuit provoquent des fuites d'eau considérable, de ce fait, pour garantir une distribution adéquate aux populations il faudra trouver un moyen pour contrôler les pressions a l'intérieur des réseaux d'alimentation en eau potable. Cette étude consiste a présenter les différentes méthodes de control des pressions dans les réseau d'alimentation en eau potable et en étudier des cas réel.

## Abstract:

Drinking water supply networks become more and more complicated and that due to urban development and improving of life's quality. In this context, Algeria is faced to numerous problems including the pressure control in these networks.

Commissioning continuously these networks and the increasing of the pressure during the night causes considerable water leaks, thus to ensure an adequate distribution to the consumers it will be necessary to find a way to control the pressures within the networks of drinking water supply.

This study presents various methods of pressure control in the drinking water supply network and study a real existing case.

---

## SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
----------------------------	---

### **Chapitre I : Revue bibliographique sur les systèmes de contrôle de pression**

I.1- Introduction.....	2
I.2- Les paramètres qui impacte sur le réseau d'AEP.....	2
I.3- La pression dans les réseaux d'AEP.....	3
I.4- En quoi consiste l'optimisation des réseaux d'AEP à travers le contrôle de pression? ..	3
I.5- Influence de la pression sur les fuites d'eau.....	3
I.6- L'effet de l'abaissement de la pression sur le rendement de réseau.....	4
I.7- Gestion de la pression.....	5
I.7.1- Principes.....	5
I.7.2- Technologie et mode opératoire.....	5
I.7.3- Avantages de la gestion de pression.....	7
I.7.4- Installation du système de gestion de la pression.....	8
I.8- Les systèmes de Contrôle de la pression.....	8
I.8.1- Les systèmes physique.....	9
I.8.1.1- Le Réducteur et le régulateur de pression.....	9
I.8.1.2- Le brise charge.....	11
I.8.1.3- Diaphragme, Orifice de Restriction.....	12
I.8.1.4 - Porte-Orifice à Bride.....	13
I.8.2- Système mécanique automatisé.....	14
I.8.2.1- Vanne de stabilisateur de pression.....	14
I.8.2.2- Modulation de pression.....	14
I.8.2.2.1- Concepts de modulation.....	14
I.8.2.2.2- Modulateur de pression.....	15
I.8.2.2.3- Localisation de la modulation.....	15
I.9- Conclusion.....	16

### **Chapitre II : Contrôle de pression par système physique**

II.1- Introduction.....	17
II.2- A quoi sert le contrôle de pression ?.....	17
II.3- Pourquoi réguler la pression ?.....	17
II.4- Où réguler la pression ?.....	18
II.5- Equipement et description des appareils de régulation et de contrôle de pression par système physique.....	19
II.5.1- le brise-charge.....	19
II.5.1.1- l'emplacement d'un brise charge dans le cas de forte pression.....	19
II.5.1.2- Détermination de la capacité du brise-charge.....	20
II.5.2- Les Réducteurs de pression.....	21
II.5.2.1- la conception d'un réducteur de pression.....	21
II.5.2.2- Principe de fonctionnement.....	21

II.5.2.3- Vitesse d'ouverture .....	22
II.5.2.4- Comment choisir le diamètre des réducteurs de pression ? .....	22
II.5.2.5- Comment régler un réducteur de pression ?.....	23
II.5.2.6- Installation des réducteurs.....	24
II.5.2.6.1- Cas des immeubles collectifs.....	24
II.6- Conclusion.....	26

### **Chapitre III : Contrôle de pression par système mécanique automatisé**

III.1. Introduction.....	27
III.2- Concepts de modulation.....	27
III.3- Intérêts de la modulation de la pression.....	28
III.4- Les différents types de modulation de pression.....	29
III.5- Où régler la pression ?.....	29
III.6- Localisation de la modulation.....	31
III.6.1- Modulation de la pression du point local .....	31
III.6.2-Modulation de la pression du point critique .....	31
III.7- Courbes de modulation.....	32
III.8- Equipement et description des appareils de régulation et de contrôle de pression par système mécanique automatisé .....	33
III.8.1- Les Stabilisateurs de pression.....	33
III.8.1.1- présentation des stabilisateurs de pression aval.....	33
III.8.1.2-Principe de fonctionnement du stabilisateur de pression aval.....	36
III.8.1.2.1- Cas où la vanne n'est pas encore équipée du pilote de régulation.....	36
III.8.1.2.2- Cas où la vanne est équipée du pilote de régulation .....	37
III.8.2- Modulateur de pression .....	38
III.8.2.1- Principe d'un système de modulateur de pression.....	38
III.8.2.2- Présentation de système « Modulo ».....	39
III.8.2.3- Fonctionnement et dimensionnement.....	39
III.8.2.4- Exemple applicable.....	40
III.8.2.5- ETUDE DE FAISABILITE .....	40
III.8.2.6- Identification et dessin des zones à réguler.....	40
III.8.2.7- Étude hydraulique .....	41
III.9- CONCLUSION.....	43

### **Chapitre IV : Etude de cas - Application à des réseaux existants-**

IV.1. Introduction .....	44
IV.2- Qu'est ce que EPANET ?.....	44
IV.3- la modélisation du réseau par EPANET.....	44
IV.4- Les étapes de modélisation par EPANET .....	45
IV.5- Etude de cas .....	45
IV.5.1- Présentation de la zone d'étude.....	45
IV.5.2- Présentation du problème .....	46
IV.5.3- Présentation du réseau de la ville de Boulekroud wilaya de Skikda .....	46

---

IV.5.3.1- Evolution des pressions de distribution.....	47
IV.5.3.2- Le Stockage.....	48
IV.5.3.3- la Courbe de modélisation .....	49
IV.5.3.4- Evolution des pressions de distribution avec l'implantation du brise charge et la vanne de réducteur de pression.....	50
IV.6- conclusion.....	51



---

---

## LISTE DES FIGURES

### Chapitre I : Revue bibliographique sur les systèmes de contrôle de pression

Figure I.1 : Paramètres intervenant sur l'état du réseau (Thomas M.2006).....	2
Figure I.2 : Diagramme d'économie d'eau (SEAAL.2010).....	4
Figure I.3 : Diagramme de réduire le volume des fuites/la pression(. SEAAL.2010)..	5
Figure I.4 : Installation typique de vannes de régulation de pression munies D'un dispositif de by-pass et d'un débitmètre (ONEMA.2012).....	6
Figure I.5 : Effets de différents concepts de modulation de pression (ONEMA.2012).	7
Figure I.6 : Vue simplifiée des pressions dans un réseau de distribution(ONEMA.2012).....	10
Figure I.7 : Un brise charge (Dupond .1974).....	11
Figure I.8 : choix de l'emplacement du réservoir (B.RAMAROJAONA,2009)...	12
Figure I.9 : plaque à orifice.....	13
Figure I.10 : Porte à orifice à bride.....	13
Figure I.11 : Vanne de stabilisateur de pression (MAHBOUB.A, 2011).....	14
Figure I.12 : Communication dans un système de commande à distance(ONEMA.2012).....	16

### Chapitre II : Contrôle de pression par système physique

Figure II.1 : Le cycle de pertes (B.RAMAROJAONA, 2009).....	17
Figure II.2 : la bonde de pression excessive journalière (A.GUESMIA, 2009).....	18
Figure II.3 : les éléments d'un brise charge (SEAAL.2010).....	19
Figure II.4 : brise-charge avec contre poids liquide (Dupond .1974).....	20
Figure II.5 : détermination de l'emplacement d'une brise charge ( Dupond .1974)...	20
Figure II.6 : Réducteur de pression (Watts.2011).....	21
Figure II.7 : une vanne de réduction de pression (Cla-val.2010).....	22
Figure II.8 : Réglage du réducteur de pression.....	23
Figure II.9 : l'emplacement d'un réducteur de pression en cas de risque de coup de bélier (Watts.2011).....	24
Figure II.10 : Installation des réducteurs dans un immeuble de 6 étages .....	25
Figure II.11 : Installation des réducteurs dans un immeuble de plus de 6 étages - Pression du réseau d'eau « élevée » -.....	25
Figure II.12 : Installation des réducteurs dans un immeuble de plus de 6 étages - Pression du réseau d'eau « basse » -.....	26

---

---

### **Chapitre III : Contrôle de pression par système mécanique automatisé**

Figure III.1 : bénéfices de la réduction de pression. (SEAAL.2010).....	28
Figure III.2: Les différents types de modulation de pression (A.GUESMIA, 2009)...	29
Figure III.3: variation de la pression en fonction du temps. (SEAAL. 2010).....	30
Figure III.4: variation du débit en fonction du temps(SEAAL. 2010).....	30
Figure III.5 : Communication dans un système de commande à distance.....	31
Figure III.6 : Différents concepts de modulation et leurs effets sur la pression.....	32
Figure III.7 : la courbe de modulation.....	33
Figure III.8 : vanne de stabilisateur de pression aval .....	34
Figure III.9 : les éléments de la vanne de base (Mahboub.A, 2011).....	35
Figure III.10 : la vanne de base avec son circuit pilote.....	35
Figure III.11 : la vanne de base en fonctionnement.....	36
Figure III.12 : la vanne de base en fonctionnement (Mahboub.A, 2010).....	36
Figure III.13 : le pilote régulateur fermé.....	37
Figure III.14 : le pilote régulateur ouvert.....	37
Figure III.15 : la vanne de base en équilibre (Mahboub.A, 2010).....	38
Figure III.16 : Principe d'un système de modulateur de pression.....	38
Figure III.17: montre un exemple dans la pratique de modulation de pression.....	39
Figure III.18 : un exemple montre La plage de modulation de pression.....	40
Figure III.19 : Exemple d'un dessin de la frontière (A.GUESMIA, 2009).....	42
Figure III.20 : vanne de modulation ( Kouba ,97).....	43

### **Chapitre IV : Etude de cas - Application à des réseaux existants-**

Figure VI.1 : Composants Physiques d'un Système de Distribution d'Eau (Lewis A.2003).....	45
Figure IV.2 : Situation géographique de la ville.....	46
Figure IV.3 : la représentation du réseau de Boulekroud sur EPANET.....	47
Figure IV.4 : photo aérienne de la ville de Boulekroud avec le stockage implanté....	49
Figure IV.5 : la courbe de modulation.....	49
Figure IV.6 : la modulation des pression par l'implantation d'un brise charge.....	50
Figure IV.7 : la modulation des pression par l'implantation d'un brise charge et un vanne de reducteur de pression.....	51

---

## LISTE DES TABLEAUX

### **Chapitre I : Revue bibliographique sur les systèmes de contrôle de pression**

Tableau I.1 : Avantages de la gestion de la pression (ONEMA.2012).....7

Tableau I.2 : le champ d'utilisation des réducteurs de pression(ONEMA.2012).....10

### **Chapitre II : Contrôle de pression par système physique**

Tableau II.1: critères d'identification des zones prioritaire à réguler .....18

### **Chapitre III : Contrôle de pression par système mécanique automatisé**

Tableau III-1 : différence entre la régulation et la modulation de pression .....28

Tableau III-2 : critères permettant l'identification des zones prioritaire à réguler  
(SEAAL.2010).....30

### **Chapitre IV : Etude de cas - Application à des réseaux existants-**

Tableau IV.01: linéaire de réseau à réhabiliter .....46

---

## Introduction générale

Une pression élevée dans le réseau fragilise les conduites et augmente le débit des fuites existantes. En effet, le débit d'une fuite est directement lié à la valeur de la pression. titre d'exemple, la fuite à travers un orifice circulaire est proportionnelle à la racine carrée de la pression.

La pression de service d'un réseau doit être supérieure à la pression minimale souhaitée (pression de confort de l'utilisateur usuellement fixée à 2 bars). Dans bien des configurations, la pression de service est supérieure à cette valeur et peut atteindre plus de 10 bars. La réduction de pression consiste donc à réduire la pression du réseau tout en assurant une valeur minimale de service en tout point, y compris lorsque la demande est maximale. Cette réduction de pression peut se faire sur la totalité du réseau, sur un secteur ou une antenne, voire uniquement chez les abonnés.

Pour ce faire, on utilise un réducteur de pression qui permet, à partir d'une pression variable à l'amont, de maintenir une pression inférieure et constante à l'aval.

Dans ce mémoire de fin d'étude nous allons procéder à Etude comparative sur les systèmes de contrôle de pression dans les réseaux d'AEP

Ce travail est organisé de manière à couvrir les axes d'analyse suivants :

- Chapitre 1 – revue bibliographique sur les systèmes de contrôle de pression ;
- Chapitre 2 – contrôle de pression par système physique
- Chapitre 3 – contrôle de pression par système mécanique automatisé
- Chapitre 4 – Etude de cas : application à des réseaux existants.

## Chapitre 1 - revue bibliographique sur les systèmes de contrôle de pression –

### I.1- Introduction

La pression dans le réseau est variable dans le temps et dans l'espace, une surpression peut rendre les canalisations bruyantes, par contre une pression faible est bien plus rare qu'une pression élevée.

Pour cela la gestion de la pression agit ici exactement à l'autre endroit, elle réduit la pression d'eau dans le réseau de canalisations, et ce, en fonction des volumes consommés ou des horaires de consommation.

Dans cette étude on va parler sur La gestion de la pression par des systèmes de contrôle pour régler la pression d'eau dans le réseau.

### I.2 - Les paramètres qui impacte sur le réseau d'AEP

Plusieurs problèmes de différentes origines peuvent survenir dans un réseau d'A.E.P ; des fuites, les branchements illicites, les erreurs de compteurs, les problèmes environnementaux, pénétration de contaminants, chute de pression, des ruptures ou casses sur les conduites et leurs accessoires, les interruptions. A ces problèmes s'ajoutent des problèmes de gestion du réseau.

La figure ci-dessous montre **ces paramètres**, et parmi eux **la pression élevée** parce que il s'agit des fuites au niveau du réseau de distribution, c'est-à-dire un problème de mal fonctionnement de notre réseau et ceci entraîne des dommages financiers immenses.

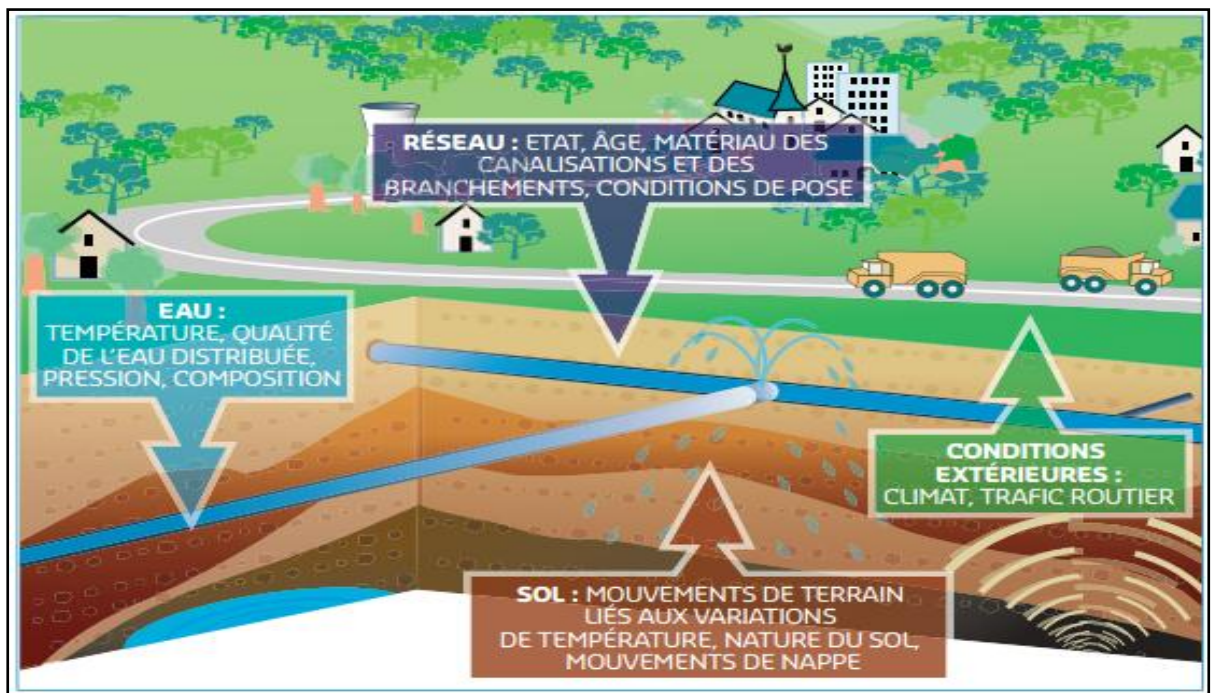


Figure I.1 : Paramètres intervenant sur l'état du réseau (Thomas M.2006)

- ✚ **La problématique :** notre problème concernant le paramètre de la pression qui impacte sur notre réseau d'alimentation en eau potable.
- ✚ **L'objectif de cette étude :** notre objectif consiste à faire une étude comparative sur les systèmes de contrôle de pression.

### **I.3- La pression dans les réseaux d'AEP**

La pression de l'eau est la force qu'exerce l'eau sur la tuyauterie. Elle est exprimée en bars. Le réseau doit être calculé de telle sorte que l'eau parvienne aux consommateurs avec une pression minimale. L'eau doit en effet atteindre les étages supérieurs des habitations et permettre l'utilisation efficace des appareils ménagers (chauffe-bain, machine à laver). Une pression minimale de 150 kpa est alors recommandée.

En vue de la bonne tenue des canalisations, et notamment de leurs joints, il y a lieu d'éviter des pressions supérieures à 500 kpa qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures des abonnés.(Groupe Chiali.2005)

### **I.4- En quoi consiste l'optimisation des réseaux d'AEP à travers le contrôle de pression?**

Réduction des fuites (pertes physiques), ce qui aura pour conséquence de:

- ✓ Diminution des volumes d'eau distribuée (5 à 20% du volume distribué selon les expériences déjà réalisées).
- ✓ Amélioration du confort de l'abonné (H24 sans augmentation de la production).
- ✓ prolonger la vie du réseau (réduire la fréquence des casses; de diminuer les coûts de réparation et d'intervention ; réduction du niveau de stress subi par les canalisations).
- ✓ Les investissements liés au renouvellement peuvent donc être différés.

### **I.5- Influence de la pression sur les fuites d'eau**

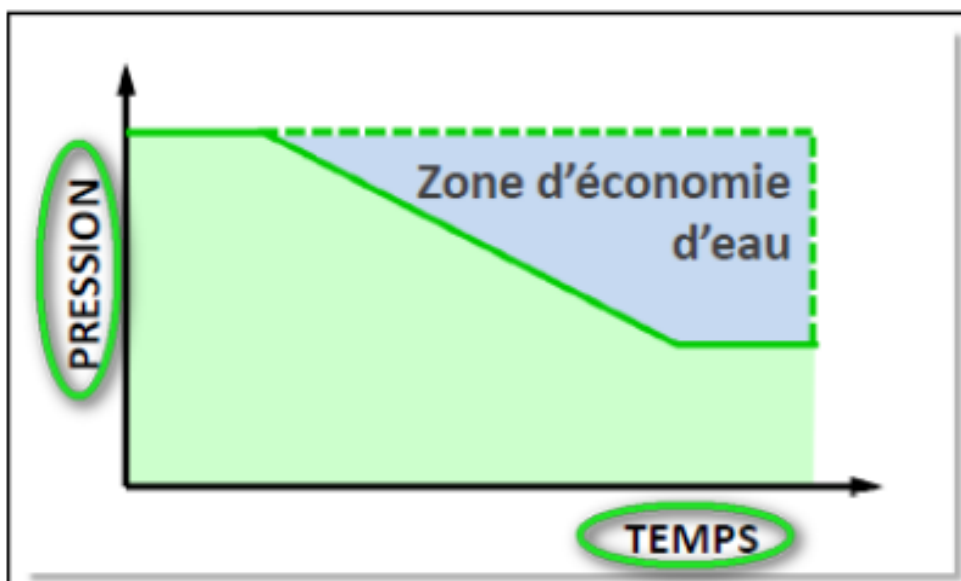
La pression est un facteur qui influence de façon significative le niveau des pertes d'une zone de desserte en eau potable.

- ✓ L'effet de la pression, si bien compris en théorie, n'a été que récemment reconnu dans la gestion des fuites, tant en termes de réduction qu'en termes de maintenir un faible niveau de fuite dans un réseau d'eau.

- ✓ De nombreuses études montrent que l'un des facteurs importants influençant les fuites est la pression dans les canalisations.
- ✓ En effet, lorsqu'un trou se crée, il a tendance à se déformer et à s'agrandir avec les fluctuations de la pression.

### I.6- L'effet de l'abaissement de la pression sur le rendement de réseau

Le diagramme suivant montre qu'il ya une amélioration de rendement de réseau par l'abaissement de la pression :



**Figure I.2 :** Diagramme d'économie d'eau (SEAAL.2010)

La zone bleu montre la zone d'économie d'eau réalisable en produisant un abaissement de la pression (zone bleu). Elle représente, en fonction du temps, un abaissement de la pression possible pendant une période de basse de consommation. (SEAAL.2010)

#### **Exemple :**

Le volume d'une fuite annuelle de 4 mm à une pression de 10(bar) est de 11000 m<sup>3</sup> soit l'équivalent de 4 piscines olympiques. (SEAAL.2010)

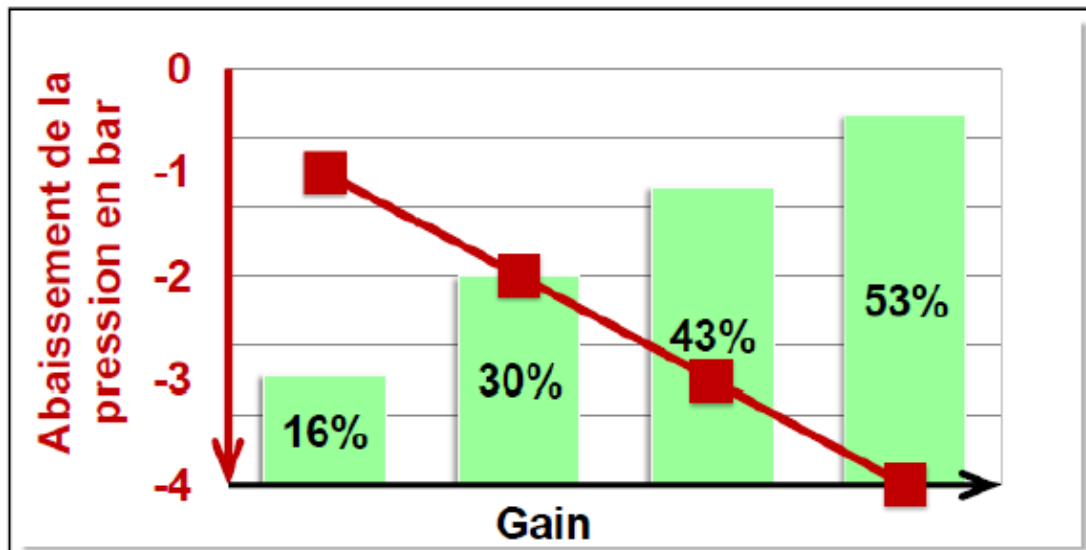


Figure I.3 : Diagramme de réduire le volume des fuites/la pression  
(. SEAAL.2010)

## I.7- Gestion de la pression

### I.7.1- Principes

La gestion de la pression peut être définie comme la pratique de la gestion des pressions du système à des niveaux de service optimaux tout en assurant un service suffisant et efficace pour des usages légitimes. Les impacts positifs de la gestion de la pression concernent la baisse des pertes réelles en eau par la réduction des pressions non nécessaires ou excessives de même que l'élimination des fortes fluctuations et des coups de bélier. Le lien direct entre le débit des fuites et la pression suggère que la gestion de la pression est la seule méthode d'intervention à même d'avoir un impact positif sur toutes les trois composantes des pertes réelles en eau : les fuites diffuses, les fuites reportées et celles non reportées.

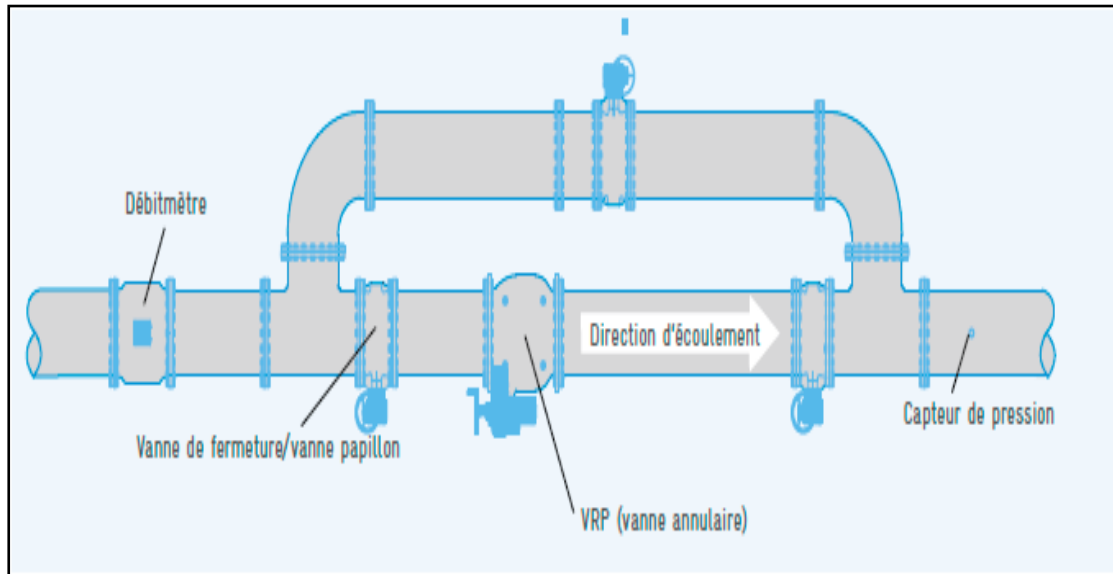
Le débit des fuites est directement lié à la pression de l'eau dans la conduite défectueuse. (ONEMA.2012)

### I.7.2- Technologie et mode opératoire

S'il existe différents types de systèmes d'exploitation de gestion de la pression, les étapes et les installations fondamentales sont toujours similaires : tout d'abord, un secteur de gestion de la pression (SGP) approprié doit être sélectionné et séparé des zones environnantes en fermant les vannes voisines. Une vanne de régulation de la pression (VRP), un capteur de pression et un débitmètre doivent être installés au point d'entrée dans un secteur de gestion de la pression. Dans les systèmes avancés de gestion de la pression, un automate programmable industriel (API) enregistre, traite et archive les données du capteur mesurées nécessaires pour le contrôle de la VRP.

La Figure ci-dessous illustre l'installation d'une vanne de régulation de la pression munie d'un dispositif by-pass. (ONEMA.2012)



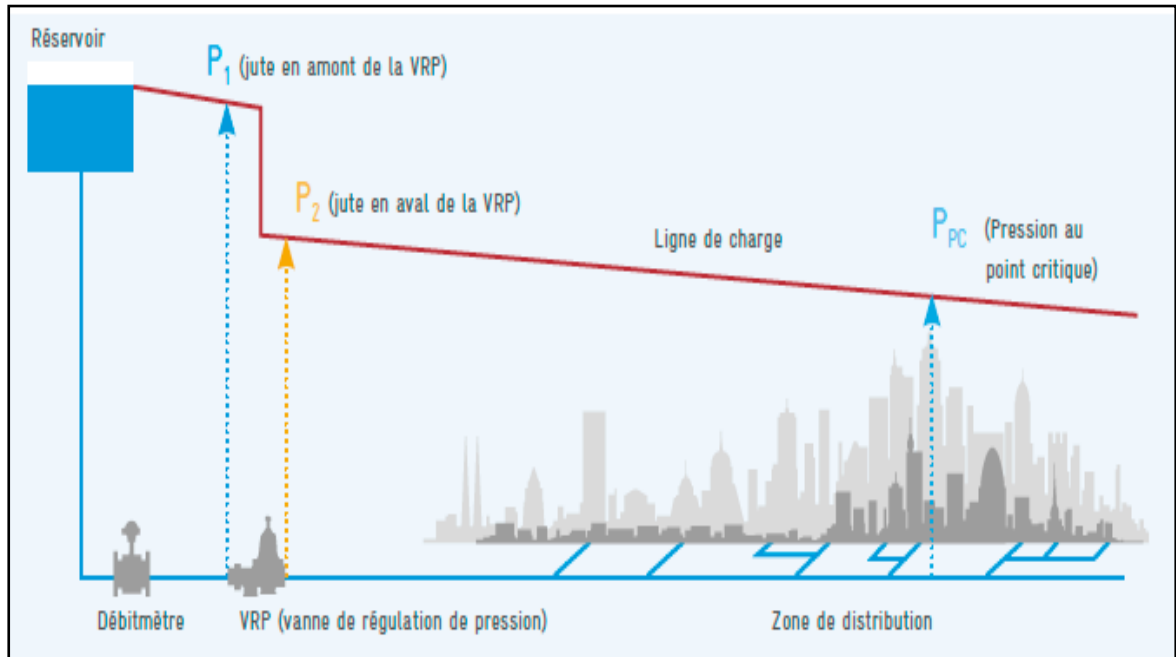


**Figure I.4 :** Installation typique de vannes de régulation de pression munies d'un dispositif de by-pass et d'un débitmètre (ONEMA.2012)

Il existe quatre moyens fondamentaux de fonctionnement pour la VRP et de modulation de la pression du système :

- A- Sortie fixe :** le système de contrôle de la pression le plus basic où la pression de sortie de la VRP est maintenue à un niveau choisi en tout temps.
- B- Modulation de pression basée sur le temps :** la pression de sortie de la VRP est modulée en fonction du temps, habituellement pour réduire la pression pendant la nuit lorsque les débits sont faibles.
- C- Modulation de la pression basée sur le débit :** il est possible de fixer différentes pressions de sortie dans le but de maintenir la pression minimum requise dans le secteur durant le débit de pointe ou pour ouvrir la VRP lorsqu'un débit seuil est excédé (par ex. débit de conduite d'incendie).
- D- Modulation de la pression télécommandée :** en utilisant le type de modulation de pression le plus perfectionné, la pression de sortie de la VRP est permanemment adapté par télémétrie de capteurs de pression à un ou plusieurs points critiques

Ci-dessous une figure qui représente l'effet de différents concepts de modulation de pression :



**Figure I.5 :** Effets de différents concepts de modulation de pression (ONEMA.2012)

### I.7.3- Avantages de la gestion de pression

La gestion de la pression peut être une solution immédiate et peu onéreuse pour la réduction des pertes réelles en eau dans un réseau de distribution d'eau, même à des niveaux de pressions initiales basses. Cependant, la réduction des fuites n'est pas le seul avantage tel que le montre le Tableau ci-dessous.

Cette solution offre également des avantages en termes de conservation de l'eau parce que certains types de consommation d'eau vont tendre à diminuer en raison de la réduction. (ONEMA.2012)

**Tableau I.1 :** Avantages de la gestion de la pression (ONEMA.2012)

Gestion de la pression : réduction des valeurs moyennes et maxima des pressions en excès						
Avantages en termes de conservation		Avantages pour les compagnies des eaux			Avantages clients	
Débits réduits		Fréquence réduite des ruptures de conduites et des fuites				
Consommation réduite	Débits réduits des fuites et ruptures	Coûts de réparations des réseaux et des services réduits	Renouvellement réduits et plus longue durée du patrimoine	Coûts réduits du contrôle actif des fuites	Baisse des réclamations des clients	Baisse des problèmes de plomberie et de restauration des équipements

Au-delà de ces effets positifs, la gestion de la pression pourrait générer des avantages Supplémentaires et indirects :

- ✓ un nombre accru de ménages ayant accès à la distribution publique d'eau
- ✓ une durée accrue de l'alimentation en eau (heures/jour)
- ✓ un accès égal et équitable à la distribution publique de l'eau en tenant compte des contraintes sociales
- ✓ réduction des coûts de production et de la consommation d'énergie.

Cependant les compagnies des eaux ne devraient pas oublier que la gestion de la pression atténue les impacts, sans pour autant éliminer les causes des pertes en eau. C'est pourquoi, la gestion de la pression devrait toujours être perçue comme une composante d'un ensemble de mesures requises pour une réduction réussie et à long terme des pertes en eau. La gestion de la pression pourrait être un excellent point de départ pour les compagnies des eaux possédant des niveaux élevés de fuites en raison des économies relativement élevées et aux délais de rentabilité courts. (ONEMA.2012)

#### **I.7.4- Installation du système de gestion de la pression**

Une chambre de vanne doit habituellement être installée au point d'entrée de la zone de distribution sélectionnée pour installer le système de gestion de la pression. La chambre doit être vidangeable et doit fournir suffisamment d'espace pour l'installation, le fonctionnement et l'entretien du système.

L'ensemble du système se compose généralement d'une VRP (soit une vanne annulaires ou une vanne à membrane), un débitmètre, des capteurs de pression, deux vannes d'isolement, une pièce de démontage et une salle de contrôle. Les vannes à membrane nécessitent qu'un filtre avec un capteur d'impuretés soit installé en amont de la VRP. Une vanne à air devrait être installée en aval de la VRP si la topographie en aval est décroissante. L'installation d'une vanne à air en amont de la VRP est recommandée pour les cas où la topographie en amont est croissante ou plate. Une dérivation avec une vanne d'isolement est conseillée, aussi, afin de maintenir l'approvisionnement des clients pendant les travaux d'entretien de la VRP. Les vannes en papillon ou en forme de portail doivent être utilisées comme vannes d'isolement. (ONEMA.2012)

#### **I.8- Les systèmes de Contrôle de la pression**

Pour faire contrôler la pression dans notre réseau il existe :

1. Un contrôle de pression par système physique.
2. Un contrôle de pression par système mécanique automatisé.

## I.8.1- Les systèmes physique

### I.8.1.1- Le Réducteur et le régulateur de pression

#### A- Définition :

- **Réducteur de pression** : c'est une appaillage provoquant une perte de charge fixe quelle que soit la pression d'entrée.

Exemple : si  $PDC = 10mce$  :  $Pe = 20mce$ , alors  $Ps = 10mce$ .  
Ou  $Pe = 18mce$  alors  $Ps = 8mce$ .

- **Régulateur de pression** : c'est une appaillage donnant une pression de sortie constante.

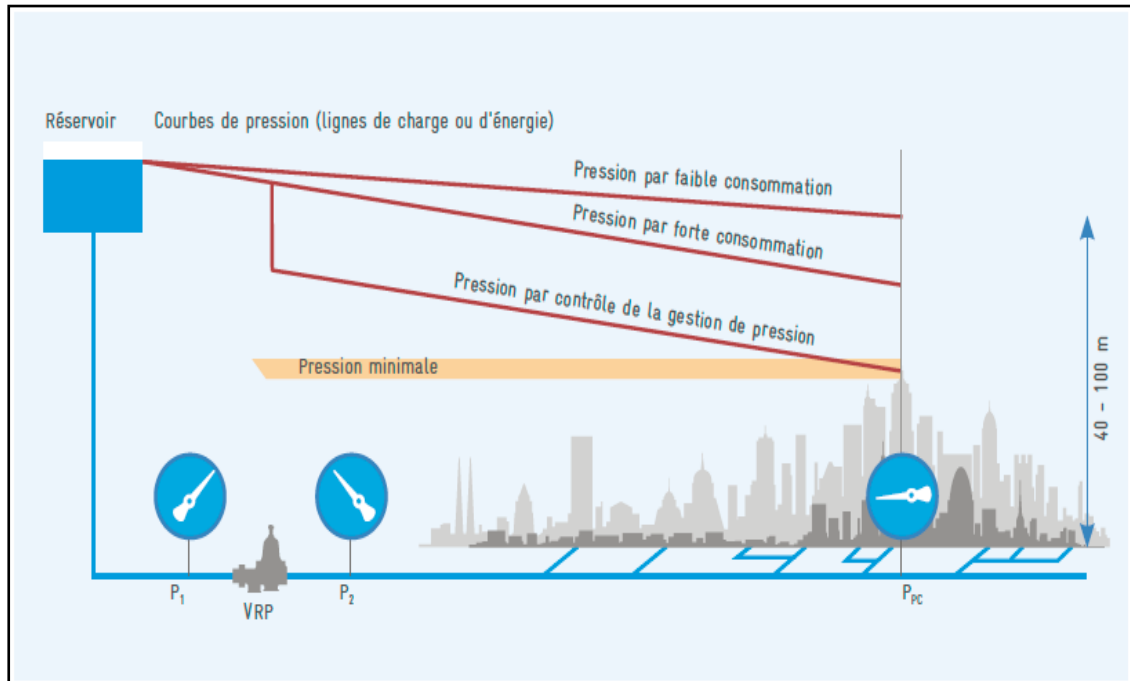
Exemple : consigne de pression de sortie  $Ps = 20mce$ .  
Alors si  $Pe = 30mce$ ,  $Ps = 20mce$  ( $PDC = 10m$ ).  
Si  $Pe = 40mce$ ,  $Ps = 20mce$  ( $PDC = 20mce$ ).

Installé à l'entrée du réseau d'eau (pour un pavillon comme pour un appartement) il protège toute l'installation des problèmes dus à un excès de pression : bruits dans les canalisations, coups de bélier, éclaboussures, usures prématurées des appareils électroménagers et des robinetteries. (H.Chaudray,1979)

#### B- Présentation de l'action

La pression de service d'un réseau doit être supérieure à la pression minimale souhaitée (pression de confort de l'utilisateur usuellement fixée à 2 bars). Dans bien des configurations, la pression de service est supérieure à cette valeur et peut atteindre plus de 10 bars. La réduction de pression consiste donc à réduire la pression du réseau tout en assurant une valeur minimale de service en tout point, y compris lorsque la demande est maximale.

Cette réduction de pression peut se faire sur la totalité du réseau, sur un secteur ou une antenne, voire uniquement chez les abonnés. Pour ce faire, on utilise un réducteur de pression qui permet, à partir d'une pression variable à l'amont, de maintenir une pression inférieure et constante à l'aval. (ONEMA.2012)



**Figure I.6 :** Vue simplifiée des pressions dans un réseau de distribution (ONEMA.2012)

### C- Champs d'utilisation

Deux technologies de régulateurs de pression existent :

- ✓ les régulateurs à ressort (vanne à régulation mécanique) ;
- ✓ les vannes de régulation à commande hydraulique.

**Tableau I.2 :** le champ d'utilisation des réducteurs de pression(ONEMA.2012)

Conditions d'utilisation	Vanne à régulation mécanique (réducteur de pression)	Vanne à régulation hydraulique (hydro stabilisateurs)
Connaissance du réseau	Connaissance détaillée du réseau, du/des point(s) critique(s), connaissance des débits et des pressions	
Pression	Pression dépassant la pression minimale requise au point critique et en période de pointe	
Diamètre des appareils	Inférieur à 300 mm	Tout diamètre
Caractéristiques des solutions	Fonctionnement simple Robuste Gamme de débits plus réduite	Possibilité d'adjoindre des fonctionnalités complémentaires ou de les modifier (changement du ou des pilotes) Peu de pertes de charge à pleine ouverture Régulation plus précise et hystérésis à débit nul plus faible
Installation	Regard adapté, filtre, vanne de garde amont et aval, ventouse éventuelle	

### D- Mise en œuvre

Cette action nécessite des plans à jour et éventuellement une campagne de mesure des pressions et débits afin de connaître les points critiques et les pressions du réseau.

### E- Moyens humains

Contrôle de la pression dans le secteur et maintenance de la vanne, au moins une fois par an. Si les besoins ou la configuration du réseau évoluent, la modification de la consigne s'effectue manuellement.

### F- Organisation

Les principales étapes à réaliser pour mettre en place l'action sont :

- ✓ l'étude du réseau et du potentiel de réduction de pression ;
- ✓ le choix du/des lieux(x) d'installation de la /des vanne(s) et le dimensionnement adapté aux conditions de débits et de pressions ;
- ✓ l'installation des vannes, le réglage et la mise en route.

### G- Impacts de l'action

Si la pression minimale au point critique est bien respectée, la pression fournie au consommateur est théoriquement suffisante même si elle peut être inférieure à la pression qu'il avait précédemment. De même, la pression reste à tout moment suffisante pour préserver la qualité de l'eau vis-à-vis des intrusions.

Il est important de prendre en compte la défense incendie ou tout autre débit exceptionnel dans la mise en place de l'action.

### I.8.1.2- Le brise charge

#### A- Définition

Le brise charge est un ouvrage indispensable de la chaîne de régulation dans le canal, la cheminée d'équilibre, les vannes de régulation et le bassin de dissipation permettent de casser la pression de l'eau à la sortie d'une galerie. (Dupond .1974)

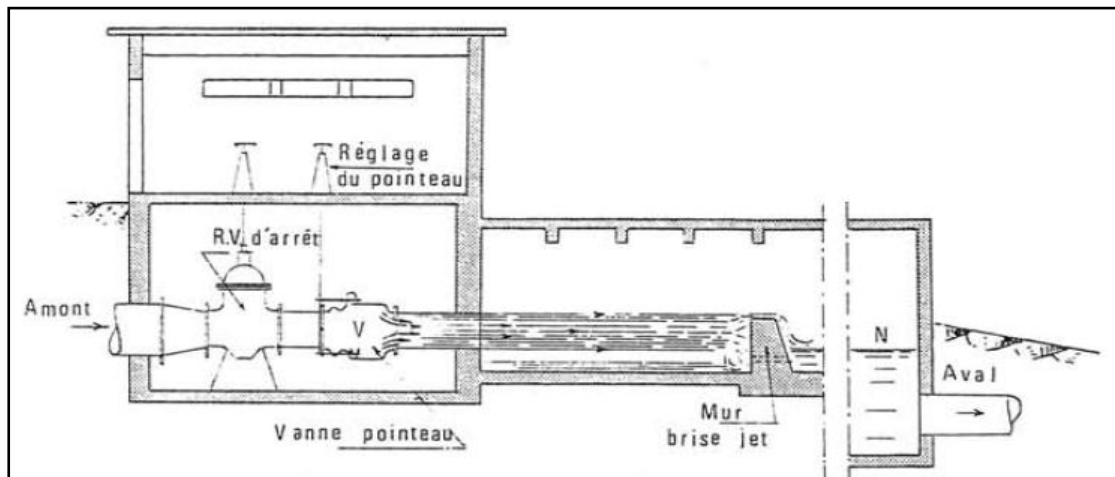


Figure I.7 : Un brise charge (Dupond .1974)

## B- Le principe

C'est un réservoir à surface libre équipé à son entrée par une vanne permettant la dissipation de l'énergie de l'eau et aussi l'emplacement du brise charge dans un réseau d'AEP elle nous permet de limiter la pression statique maximale dans le réseau a une valeur acceptable pour que notre conduite supporté cette valeur, ainsi que leur emplacement sont défini par l'étude du profil statique comme elle montre la figure suivante (Dupond .1974) :

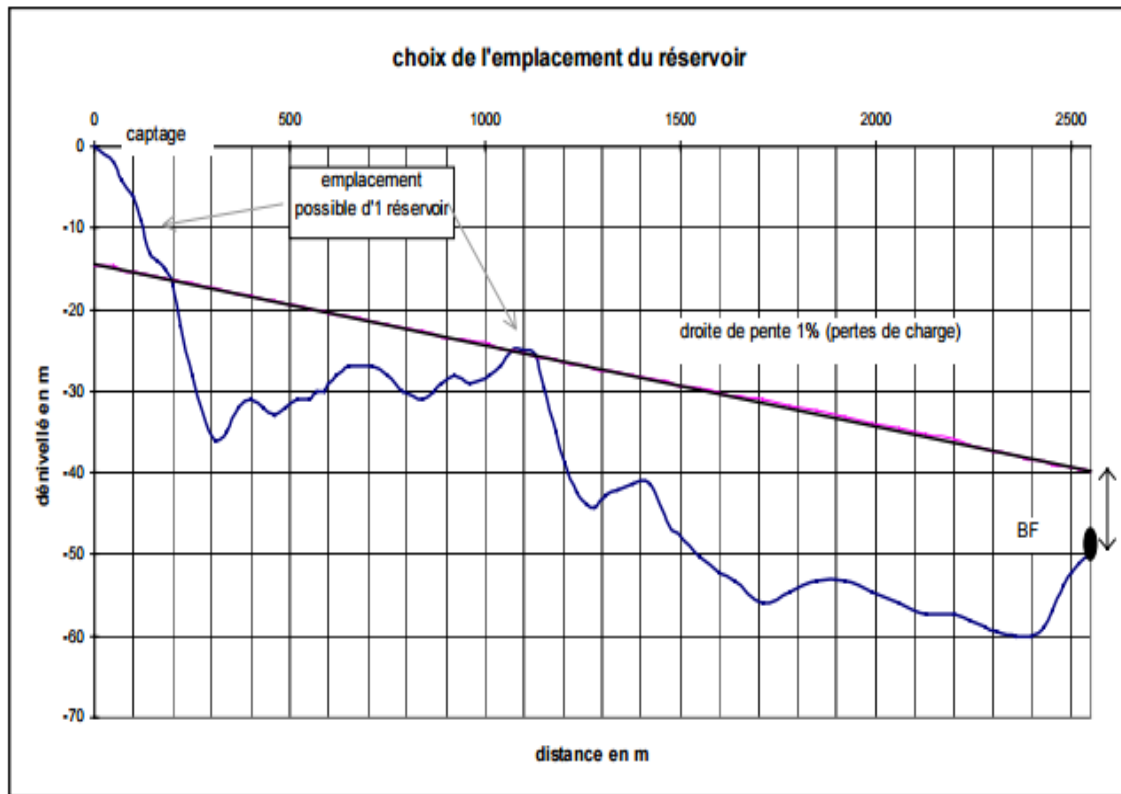


Figure I.8 : choix de l'emplacement du réservoir (B.RAMAROJAONA,2009)

### I.8.1.3- Diaphragme, Orifice de Restriction

Les plaques à orifices – diaphragme, orifices de restriction – sont utilisés dans le but de réduire la pression à l'intérieur de la conduite ou bien de limiter le débit à une valeur prédéfinie, indépendamment de la pression en aval.

Pour les applications à forte chute de pression, ou en cas de niveaux de bruit maximum autorisé, plusieurs plaques à différents diamètres d'alésage, ou des plaques multi-trous sont disposées en série pour atteindre les chutes de pression nécessaires.



**Figure I.9 :** plaque à orifice

#### **A- applications**

On utilise les plaques à orifice pour les liquides corrosifs et non-corrosifs, Gaz, Vapeur.

#### **B- avantages**

- Installation et exploitation aisées
- Utilisable en haute pression
- Utilisable avec une grande variété de fluides

#### **I.8.1.4 - Porte-Orifice à Bride**

Les orifices de restriction peuvent être aussi être fournis avec des brides : porte-orifices à bride, destinées à être utilisées à la place des brides standards.

Des prises de pression sont alors incorporées aux porte-orifices ce qui rend inutile les prises de pression séparées sur la tuyauterie. Ces prises de pression sont possible suivant plusieurs configurations : sur brides, en angle, à distance...



**Figure I.10 :** Porte-Orifice à Bride



## I.8.2- Système mécanique automatisé

### I.8.2.1- Vanne de stabilisateur de pression

#### A- Principe de fonctionnement

Cette vanne garantit le maintien d'une pression d'utilisation minimale en amont /aval quelles que soient les variations du débit.

- Equipée de clapets de non retour, elle se ferme automatiquement en cas de retour d'eau.
- Toujours montée en ligne, elle empêche la pompe d'abaisser sa pression d'aspiration en dessous du minimum de sécurité. Elle évite le dépassement de capacité de pompage lorsque la demande lui est supérieure.



**Figure I.11 :** Vanne de stabilisateur de pression(MAHBOUB.A, 2011)

#### B-Exemples d'applications

- ✓ Alimenter et protéger d'une pression excessive un réseau bas service par les excédents d'un réseau haut service, tout en garantissant en priorité une pression minimum dans le réseau haut service
- ✓ Maintenir une pression minimum sur une sortie de pompe et stabiliser la pression dans le réseau aval.

### I.8.2.2- Modulation de pression

#### I.8.2.2.1- Concepts de modulation

Le terme modulation décrit les méthodes par lesquelles les VRP sont contrôlées dans un système de gestion de la pression. Les concepts de modulation peuvent être divisés selon le type de modulation (qui comprend différents modes de commande pour les VRP) et la localisation de la modulation (qui définit si la pression est contrôlée directement derrière la VRP ou à un point précis dans le réseau de distribution d'eau).

Il convient de noter que tous les types de modulation sont flexibles et peuvent être adaptés ou mis à jour en changeant simplement les paramètres du contrôleur d'une VRP (automate programmable industriel, API). (A.GUESMIA,2009).

#### **I.8.2.2.2- Modulateur de pression**

C'est une vanne équipée du pilote de régulation qui permet de compenser les pertes de charge de façon très souple : en période de forte consommation ou le jour (respectivement en période de faible consommation ou la nuit), il est capable d'augmenter (respectivement de diminuer) les pressions dans le réseau. (A.GUESMIA,2009)

#### **I.8.2.2.3- Localisation de la modulation**

##### **A- Modulation de la pression du point local**

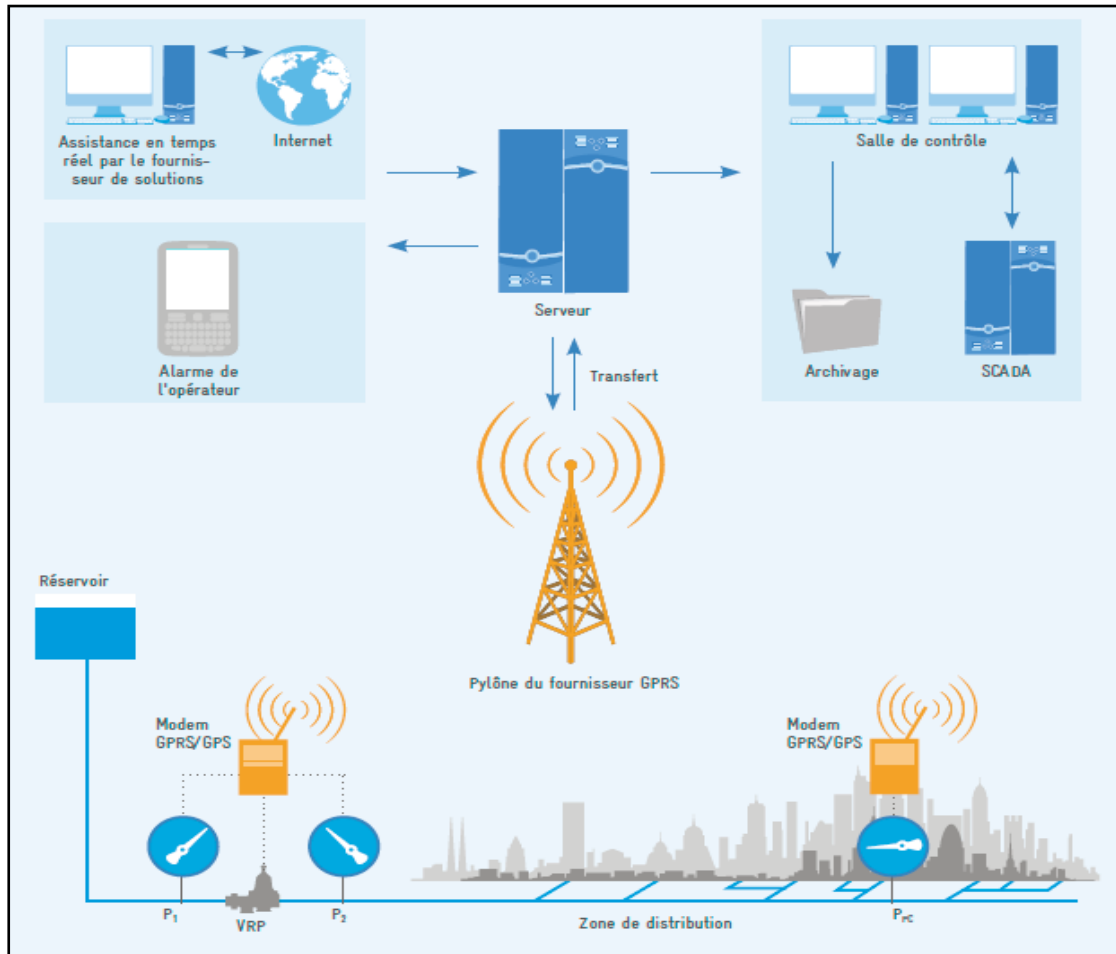
Cette technique est la façon la plus simple pour réduire la pression. Elle consiste à moduler la pression à l'entrée du SGP en installant une VRP afin de fixer P2 à des valeurs constantes ou prédéfinies. Les capteurs de pression sont seulement nécessaires pour mesurer P1 et P2 et la communication entre les capteurs et la VRP est simple. Ce type de modulation nécessite le plus faible investissement, mais la pression ne peut être réduite à un niveau optimum en raison de la marge de sécurité plus élevée nécessaire pour assurer la pression de service minimale requise au point critique (PPC).

La réduction du débit des fuites est donc limitée. Cette technique est souvent couplée avec une modulation basée sur le temps. (A.GUESMIA,2009)

##### **B- Modulation de la pression du point critique :**

Pour la modulation de la pression du point critique (aussi appelée modulation à distance), un capteur de pression au point critique contrôle en permanence la pression au point critique (PPC) et communique les informations à la VRP à l'entrée du SGP. Cette VRP ajuste en permanence P2, de sorte que PPC reste aussi proche que possible de la valeur souhaitée (par exemple une pression de service minimale de 20 m). Cette technique offre de meilleurs résultats que la modulation du point local, mais nécessite également des investissements supplémentaires pour le capteur de pression de PPC et pour les dispositifs de communication. La transmission radio ou l'utilisation d'un modem GPRS / GSM avec une carte SIM utilisant Internet peuvent être utilisées pour communiquer les résultats, comme le montre la ci-dessous. Un système typique permet également la surveillance en temps réel et le contrôle du SGP.

La localisation du point critique dans un SGP peut s'altérer en raison de changements Dans la structure du secteur (point d'entrée supplémentaire, modification de vannes de Sectorisation, le démantèlement des sections des conduites etc.) Ou en raison de changements d'habitudes de consommation d'eau des clients. Les pressions au sein du réseau devront donc être surveillées régulièrement. (A.GUESMIA,2009)



**Figure I.12 :** Communication dans un système de commande à distance (ONEMA.2012)

## I.9- Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenter d'une manière générale un Problème de gestion des réseaux d'A.E.P en Algérie et précisément que est ce que on peut le faire pour contrôler la pression et pour cela on a citer les différents systèmes de contrôle de pression dans un réseau d'alimentation en eau potable et Le détail de ces systèmes sera l'objet des chapitres suivant.

## Chapitre -02- Contrôle de pression par système physique

### II.1- Introduction

La réduction de la pression constitue l'une des solutions pour un bon fonctionnement du réseau de distribution, elle peut se faire sur la totalité du réseau, sur un secteur ou une antenne, voire uniquement chez les abonnés. Pour ce faire, on utilise un réducteur de pression qui permet, à partir d'une pression variable à l'amont, de maintenir une pression inférieure et constante à l'aval.

Dans ce chapitre on va entamer dans les systèmes physiques pour faire contrôler la pression dans notre réseau telle que les réducteurs de pression et les brises charge et puis l'utilisation de ces réducteurs.

### II.2- A quoi sert le contrôle de pression ?

Comme elle montre la figure ci-dessous, une absence de contrôle et de régulation de la pression veut dire une pression élevée après des fuites et des cassures au niveau du conduit c'est-à-dire une réparation et vieillissement du réseau :

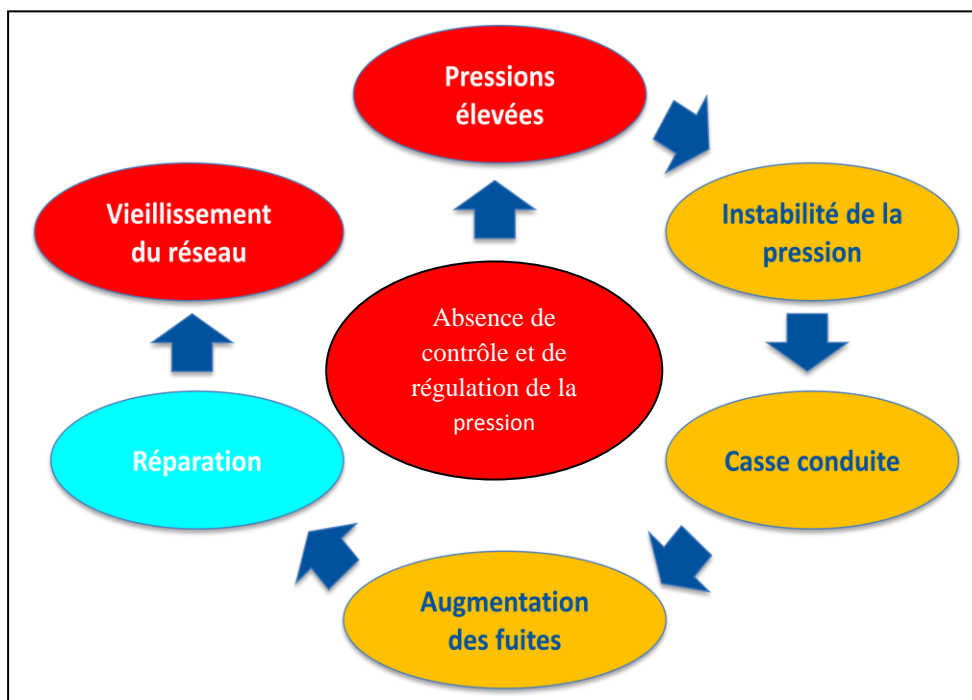


Figure II.1 : Le cycle de pertes (B.RAMAROJAONA, 2009)

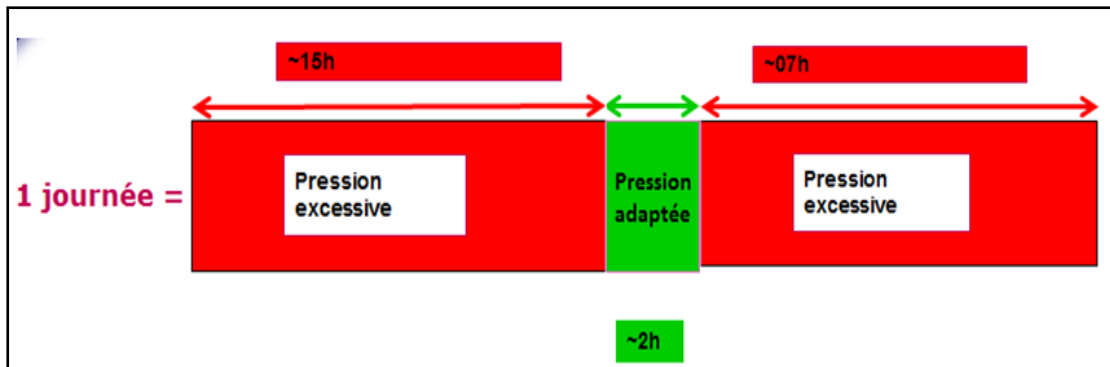
### II.3- Pourquoi réguler la pression ?

Le pic de consommation représente généralement au maximum 5% à 10% de la journée. Le reste du temps, la pression délivrée au réseau est souvent excessive. La perte de charge est négligeable une fois le pic de consommation passé. Par ailleurs, le

confort de l'abonné ne nécessite pas la même pression en pied d'immeuble en permanence. En effet :

La pression dans un réseau de distribution a deux effets opposés :

- ✓ positif : elle assure une pression suffisantes aux étages supérieurs et aux points les plus loin du réseau en heure de pointe.
- ✓ Négatif : elle provoque des casses de conduite (fuites sur réseau).



**Figure II.2 :** la bonde de pression excessive journalière (A.GUESMIA, 2009)

La pression disponible à l'entrée d'un réseau à l'heure de pointe doit être égale à la somme de la pression nécessaire au point critique (Point du haut du réseau ou le plus éloigné hydrauliquement) et de la perte de charge créée pour l'alimenter à ce moment de forte demande.

La pointe est un phénomène très aigu, mais presque transitoire, et la période de forte demande dure peu. Comme la perte de charge varie au carré de la vitesse de l'eau, la pression au point critique, souvent à peine suffisante à la pointe, est excessive dès après la pointe, et le réseau est surchargé la plupart du temps. (Mahboub.A, 2011)

#### II.4- Où réguler la pression ?

La plupart des réseaux peuvent bénéficier du contrôle de pression suivant la demande, si l'amplitude de cette pression est supérieure ou égale à 15 m sur 24 h.

Les critères permettant l'identification des zones prioritaire à réguler sont représentés dans le tableau suivant :

**Tableau II.1 :** critères d'identification des zones prioritaire à réguler

Eléments géographiques	Données opérationnelles
<ul style="list-style-type: none"> <li>● morphologie du terrain (dénivelé)</li> <li>● pression d'exploitation</li> <li>● entrées d'alimentation possibles</li> <li>● frontières naturelles</li> <li>● étude du type d'habitat (HLM, immeubles, maison)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● zones fragiles (nombre de casse et fréquence)</li> <li>● variations de pression « jour / nuit » importantes</li> <li>● zones où le rapport du débit de nuit sur le débit moyen est élevé (pertes significatives)</li> <li>● étude de la sectorisation existante</li> <li>● minimum de pression contractuelle requis</li> </ul>

## II.5- Equipement et description des appareils de régulation et de contrôle de pression par système physique

### II.5.1- le brise-charge

À partir de ce réservoir et avec une vanne qui permet la dissipation de l'énergie de l'eau, on peut réduire la pression qui arrive vers le cheminée d'équilibre pour l'absorption de l'énergie après pour réglé le débit sortant avec un abaissement de pression dans notre réseau comme elle montre la figure suivante :

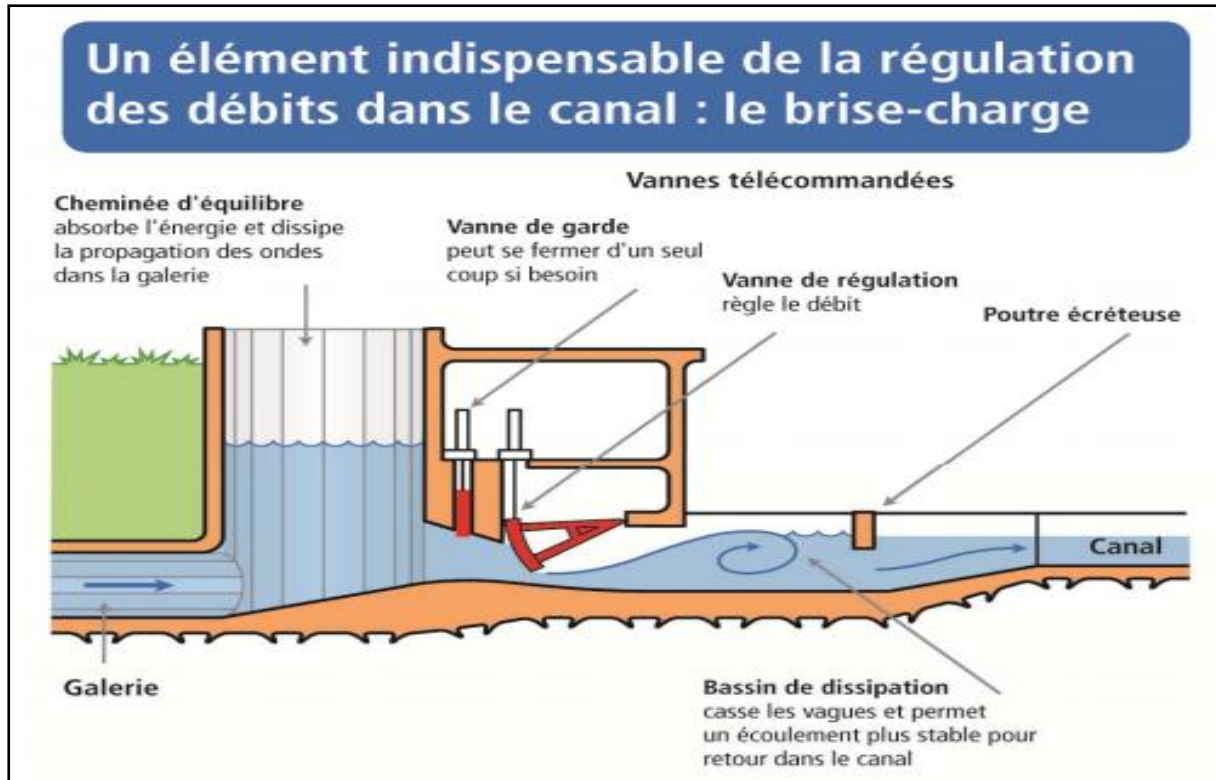


Figure II.3 : les éléments d'un brise charge (SEAAL.2010)

#### II.5.1.1- l'emplacement d'un brise charge dans le cas de forte pression

Si certains tronçons du tracé sont soumis à des fortes pressions, on peut installer un brise charge (ou réducteur de pression): c'est un réservoir à surface libre équipé à son entrée par une vanne permettant la dissipation de l'énergie de l'eau.

On examine dans ces conditions, si certains tronçons du tracé ne supportent pas de pressions exagérées, si cela se présente, les tronçons intéressés devront comporter des tuyaux étudiés spécialement, à moins d'installer un brise-charge.

Un brise-charge n'est autre qu'un réservoir intermédiaire dans lequel une partie de l'énergie que possède l'eau à son entrée se trouve brisée, laminée, par une vanne-pointeau V, donnant lieu ainsi à une perte de charge singulière, l'autre partie étant transformé en énergie potentielle avec un niveau de base nouveau N pour le tronçon d'aval. Le jet peut déboucher à l'air libre à la sortie de la vanne V ou déboucher dans

l'eau, ce qui semble préférable car l'énergie du jet se trouve amortie par le matelas d'eau. (Dupond .1974)

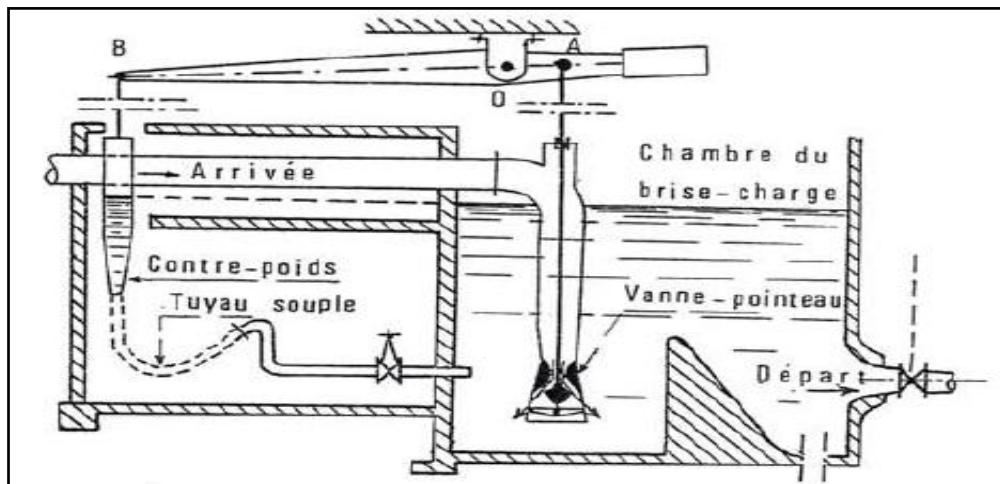


Figure II.4 : brise-charge avec contre poids liquide (Dupond .1974)

### II.5.1.2- Détermination de la capacité du brise-charge

La capacité du brise-charge est déterminée d'après le temps de fermeture de la vanne V et de celle située en R voir (la figure II.5), l'objectif étant de maintenir le plein de la conduite aval. les temps de fermeture se déduisent d'une étude en régime transitoire dans les tronçons AB et BDR ainsi qu'on l'examinera à propos du coup de bélier. Les brises-charge sont des installations qu'il importe, bien entendu, de mettre à l'abri des pollutions. Ils seront, à ce point de vue, traités comme des réservoirs.

Examinons, maintenant de quelle manière l'emplacement d'un brise charge peut être déterminé. (Dupond.1974)

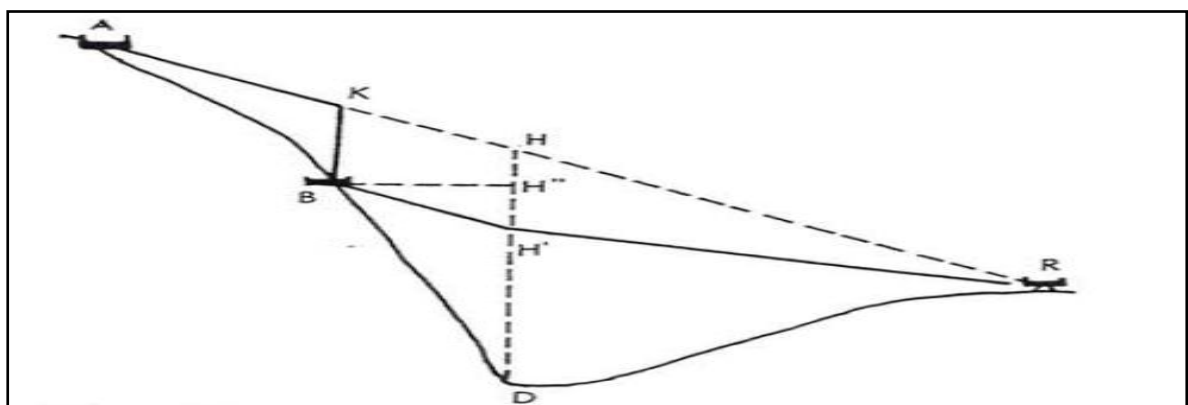


Figure II.5 : détermination de l'emplacement d'une brise charge ( Dupond .1974)

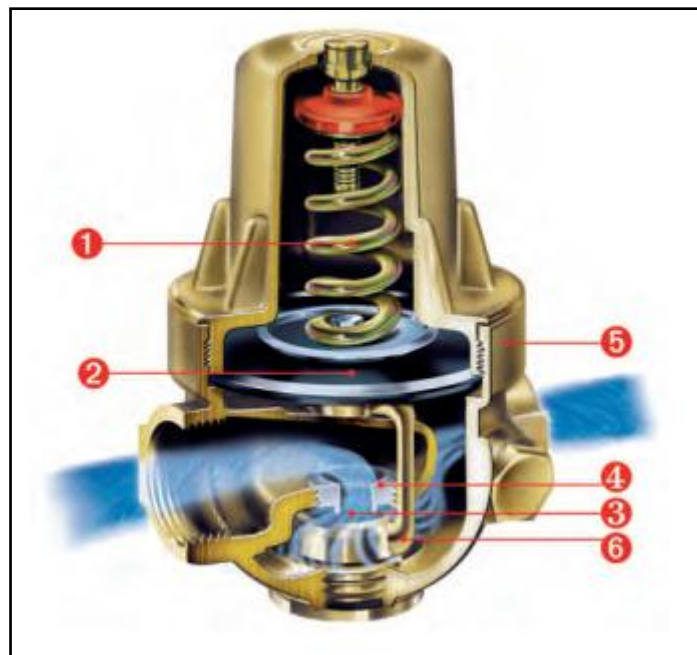
Supposons dans (la figure II.5) que la ligne piézométrique AR donne, en fond de vallée, en D, une pression au sol DH trop forte et que l'on ait intérêt à ne pas dépasser une pression intérieure, mesurée par DH''. La position du brise-charge B sera déterminé en menant par H'' une horizontale qui coupera la surface topographique au point cherché. Il faut en effet, considérer le cas de l'adduction

arrêtée par fermeture en R, à ce moment, la pression maximale dans la conduite est rapportée à l'horizontale passant par le niveau de l'eau dans le brise-charge.  
(André Dupond, 1974)

## II.5.2- Les Réducteurs de pression

### II.5.2.1- la conception d'un réducteur de pression

Il ne demande aucun entretien. Membrane, ressort, siège et clapet sont largement dimensionnés pour assurer un réglage précis et constant tout en autorisant de forts débits.



**Figure II.6 :** Réducteur de pression (Watts.2011)

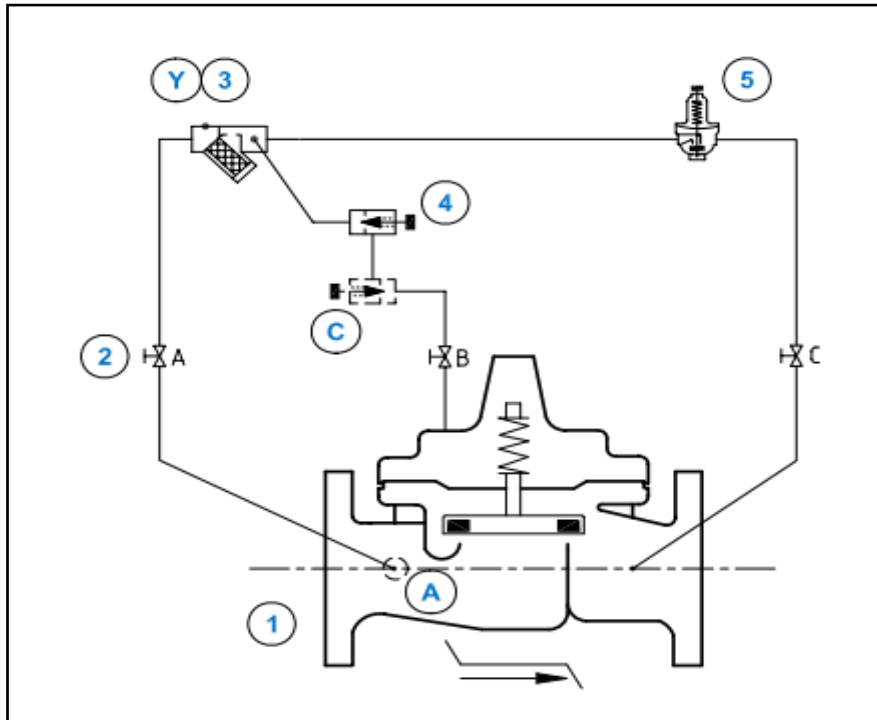
Un ressort inoxydable (1) à grandes spires et haute sensibilité : il garantit un réglage précis. Le contrôle de la pression s'effectue dans une plage de 1,5 à 5,5 bars. Une membrane (2) et un clapet (3) haute température : résistant à des températures élevées (jusqu'à 80°C). Un siège en acier inox (4) : une exclusivité qui protège de l'usure et de l'agressivité de l'eau. Une garantie de longévité. Un corps monobloc en laiton non-dézincifiable (5): d'une grande robustesse, ce métal est insensible à la corrosion et répond aux nouvelles normes sanitaires sur la compatibilité des matériaux en contact avec l'eau potable. Un ensemble étrier/clapet (6) : pièce mobile monobloc en laiton non-dézincifiable, l'étrier comporte un clapet (3) largement dimensionné autorisant des performances supérieures aux exigences de la norme. (Watts.2011)

### II.5.2.2- Principe de fonctionnement

Le pilote réduction de pression (5) est du type "normalement ouvert" à action indirecte, qui mesure la pression de sortie de la vanne de base (1). Une augmentation de pression tend à fermer le pilote (5), alors qu'un abaissement de pression tend à



l'ouvrir. Ces phénomènes produisent des variations de pression dans la chambre de contrôle de la vanne de base (1), qui se ferme, respectivement s'ouvre et de ce fait règle une pression secondaire à une valeur pratiquement constante. Réglage du pilote réduction de pression (5): Tourner la vis de réglage dans le sens des aiguilles d'une montre pour augmenter la valeur de la pression secondaire réglée. (Cla-val.2010)



**Figure II.7 :** une vanne de réduction de pression (Cla-val.2010)

### II.5.2.3- Vitesse d'ouverture

Le robinet à pointeau à action unidirectionnelle (4) permet de régler la vitesse d'ouverture de la vanne de base (1), sans incidence sur sa vitesse de fermeture.

Réglage du robinet à pointeau à action unidirectionnelle (4): Tourner la vis de réglage dans le sens des aiguilles d'une montre pour diminuer la vitesse d'ouverture. (Cla-val.2010)

Pour plus de détaille voir Annexe (01).

### II.5.2.4- Comment choisir le diamètre des réducteurs de pression ?

En général le réducteur est choisi en fonction du diamètre de la canalisation installée, à condition bien entendu que celle-ci soit correctement dimensionnée. Référez-vous aux courbes de débits de chaque réducteur.

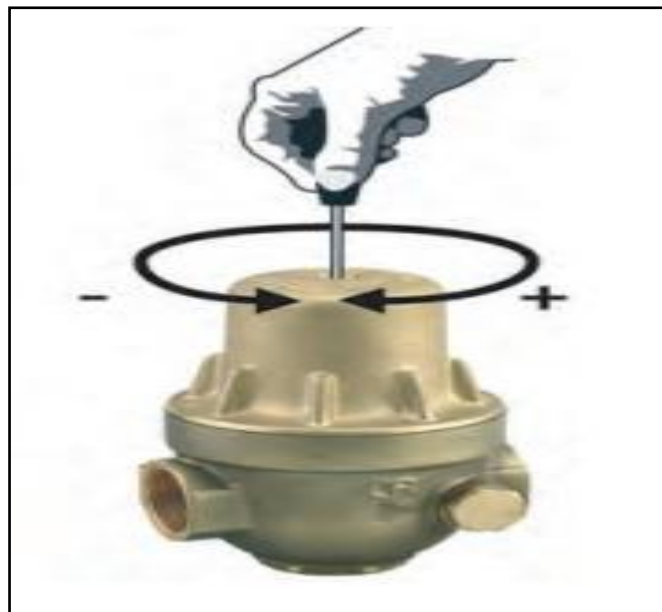
### II.5.2.5- Comment régler un réducteur de pression ?

Le réglage doit s'effectuer sans débit ; c'est-à-dire tout écoulement en aval stoppé.

Par exemple Les réducteurs de pression WATTS INDUSTRIES sont pré-réglés en usine à 3 bars. Ils restent réglables dans une plage comprise entre 1,5 et 5,5 bars.

- ✓ Pour augmenter la pression, serrer la vis de réglage (sens des aiguilles d'une montre en regardant la vis par dessus).
- ✓ Pour diminuer la pression, desserrer la vis de réglage (sens inverse des aiguilles d'une montre en regardant la vis par dessus), ouvrir légèrement un robinet pendant un instant, refermer, puis serrer de nouveau la vis de réglage jusqu'à obtention de la pression désirée.

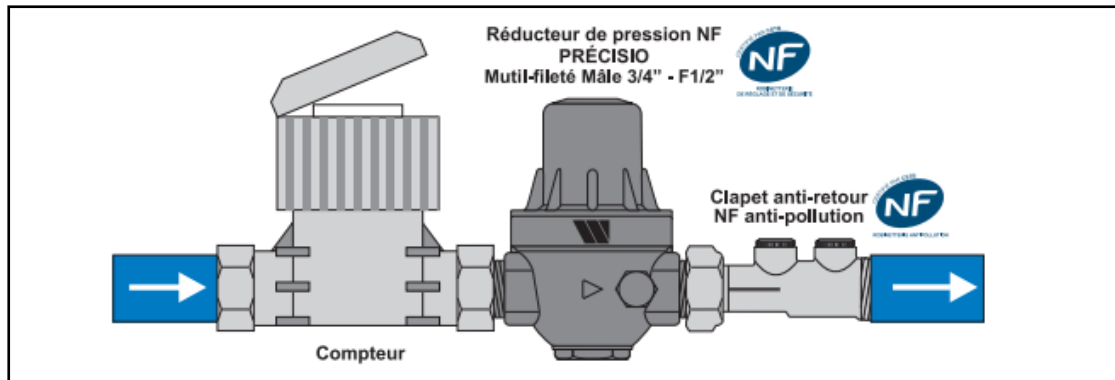
2 orifices en 8/13 (1/4") situés de chaque côté de l'appareil peuvent être utilisés comme prise de manomètre.



**Figure II.8 :** Réglage du réducteur de pression

#### Précautions

Les réducteurs de pression d'eau sont insensibles au tartre ou aux impuretés et ne nécessitent ni entretien ni précaution particulière pourvu qu'ils soient installés suivant les règles de l'art. Toutefois, si un risque de contre-pression ou coup de bélier existe dans le circuit aval, il est conseillé de protéger le réducteur de pression par un clapet de non-retour placé immédiatement à sa sortie.



**Figure II.9 :** l'emplacement d'un réducteur de pression en cas de risque de coup de bélier (Watts.2011)

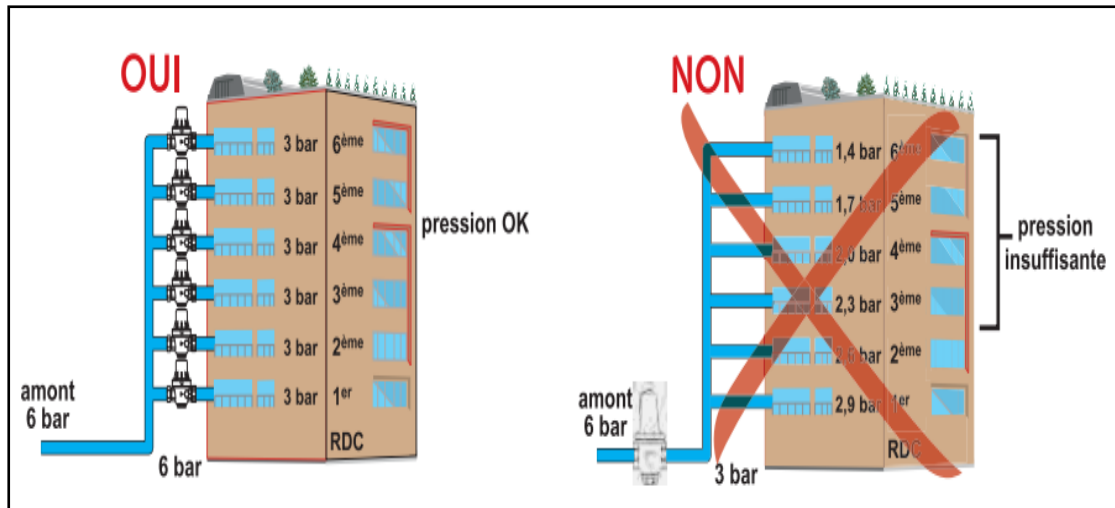
### II.5.2.6- Installation des réducteurs

Les réducteurs de pression peuvent être installés dans toutes les positions. Généralement ils s'installent directement après le compteur d'eau et protègent ainsi toute l'installation.

#### II.5.2.6.1- Cas des immeubles collectifs

##### **A- Cas N°1 : Immeuble de 6 étages - Pression du réseau d'eau « normale » : 6 bar - Pression souhaitée dans chaque appartement : 3 bar.**

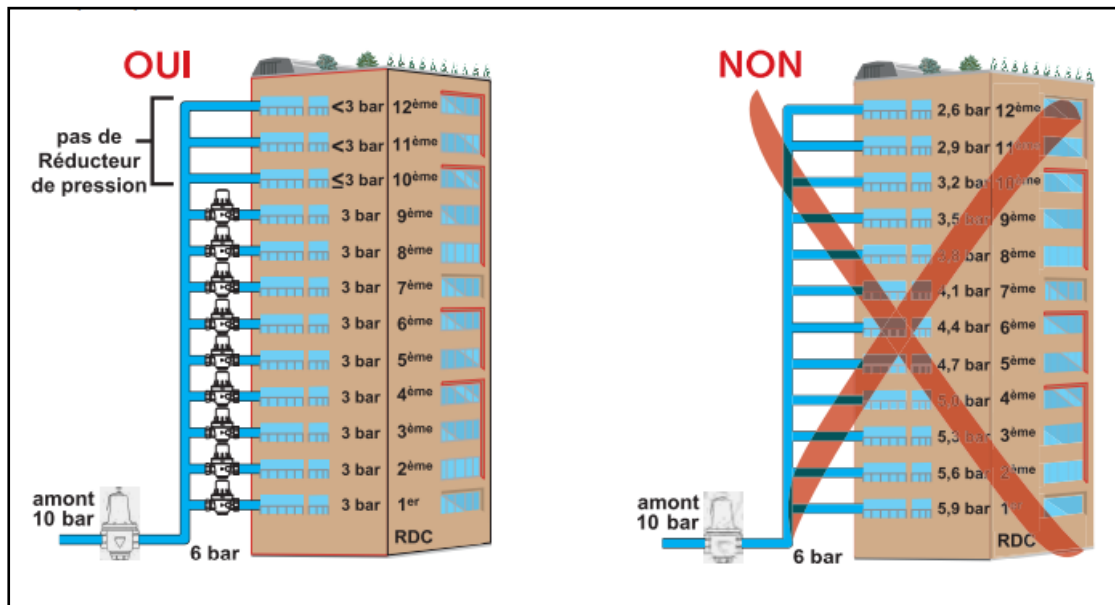
Dans le cas d'un immeuble d'habitation, il est conseillé de poser un réducteur à l'entrée de chaque appartement et non un réducteur centralisé en bas de l'immeuble. Pourquoi ? : on considère une hauteur pour chaque étage de 3 mètres, soit une perte de charge par étage de 0,3 bar. Donc si on pose un seul réducteur de pression central en bas de l'immeuble réglé à 3 bar, les premiers étages seront correctement desservis en pression, mais plus on montera dans les étages et plus la pression sera trop faible. Par exemple le 6ème étage n'aura que 1,4 bar de pression disponible, soit une pression insuffisante. Il est donc nécessaire de poser le même réducteur de pression réglé à 3 bar à l'entrée de chaque appartement. (ONEMA.2012)



**Figure II.10 :** Installation des réducteurs dans un immeuble de 6 étages

**B- Cas N°2 : Immeuble de plus de 6 étages - Pression du réseau d'eau « élevée » : 10 bar - Pression souhaitée dans chaque appartement : 3 bar.**

Dans le cas d'un immeuble d'habitation où la pression du réseau d'eau est très forte, il est conseillé de poser un premier réducteur centralisé d'un plus gros diamètre qui réduira d'abord la pression à 6 bar et un réducteur de pression réglé à 3 bar à l'entrée de chaque appartement. Les colonnes montantes sont ainsi protégées par le gros réducteur, et chaque appartement bénéficie de la pression optimale de 3 bar. Remarque : Pour les immeubles très hauts, les étages les plus élevés peuvent être dispensés de la pose du réducteur lorsque la pression est inférieure à 3 bar. (ONEMA.2012)

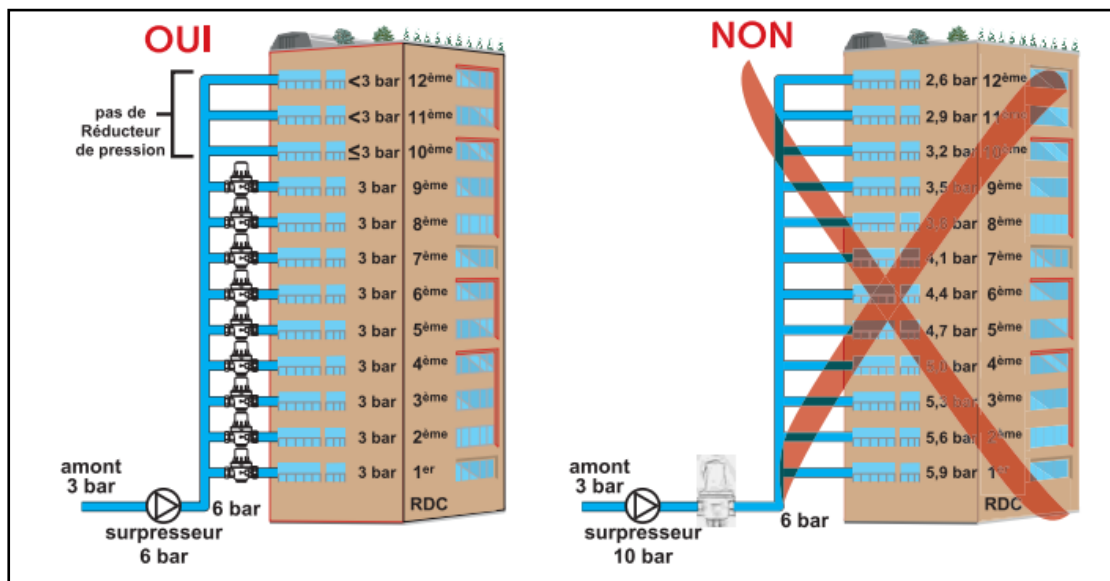


**Figure II.11 :** Installation des réducteurs dans un immeuble de plus de 6 étages

- Pression du réseau d'eau « élevée » -

**C- Cas N°3 : Immeuble de plus de 6 étages - Pression du réseau d'eau « basse » : 3 bar - Pression souhaitée dans chaque appartement : 3 bar.**

Dans ce cas de figure, la pose d'un supresseur est nécessaire. Celui-ci sera réglé à une valeur de 5 ou 6 bars, l'objectif étant de disposer d'une pression suffisante à tous les étages. Il est donc nécessaire de poser le même réducteur de pression réglé à 3 bars à l'entrée de chaque appartement. Remarque : là encore, pour les immeubles très hauts, les étages les plus élevés peuvent être dispensés de la pose du réducteur lorsque la pression est inférieure à 3 bars. (ONEMA.2012)



**Figure II.12 :** Installation des réducteurs dans un immeuble de plus de 6 étages

- Pression du réseau d'eau « basse » -

**Remarque**

Il ya d'autre équipements pour Contrôler la pression mais les plus fiables sont celles qu'on a mis dans cette partie.

**II.6- Conclusion**

L'une des méthodes efficace de réduction des pertes dans le réseau d'alimentation en eau potable est la mise en place des réducteurs de pression et le brise charge et avec l'emplacement de ces équipements on peut contrôler la pression dans nos réseaux.

## Chapitre -03- Contrôle de pression par système mécanique automatisé

### III.1- Introduction

La modulation de pression a souvent été considérée, à tort, comme une technique relativement rustique, essentiellement destinée à réduire les fuites dans les réseaux très dégradés.

Pourtant, partout où il existe de fortes variations de pression (entre le jour et la nuit) ou de fortes pressions, ces contraintes sévères ou ces changements permanents de conditions hydrauliques engendrent non seulement un grand nombre de fuites, mais provoquent également une fatigue mécanique des canalisations, qui se traduit par une réduction de leur durée de vie.

Une bonne gestion de la pression hydraulique du réseau peut donc apporter des bénéfices significatifs sur : la réduction des pertes en eau (donc une économie d'eau) ; la durée de vie des réseaux (réduction du stress, de la fatigue du réseau lié aux variations jour/nuit) et cela quelques soient les matériaux utilisés ;

Le confort de l'abonné (niveau de pression adapté, même aux points critiques si la pression est régulée en fonction de la consommation).

### III.2- Concepts de modulation

Le terme modulation décrit les méthodes par lesquelles les VRP (vanne de régulation de pression) sont contrôlées dans un système de gestion de la pression. Les concepts de modulation peuvent être divisés selon le type de modulation (qui comprend différents modes de commande pour les VRP) et la localisation de la modulation (qui définit si la pression est contrôlée directement derrière la VRP ou à un point précis dans le réseau de distribution d'eau). Ces éléments peuvent être combinés pour créer des solutions personnalisées adaptées aux différentes conditions et exigences locales. Il convient de noter que tous les types de modulation sont flexibles et peuvent être adaptés ou mis à jour en changeant simplement les paramètres du contrôleur d'une VRP (automate programmable industriel, API).

#### Remarque

A ce propos, il ne faut pas confondre la modulation de pression avec la réduction de pression, qui consiste simplement à installer un réducteur de pression à l'entrée d'un secteur et qui, pour pouvoir satisfaire les demandes de pointes, délivre une pression presque toujours supérieure à celle réellement nécessaire.

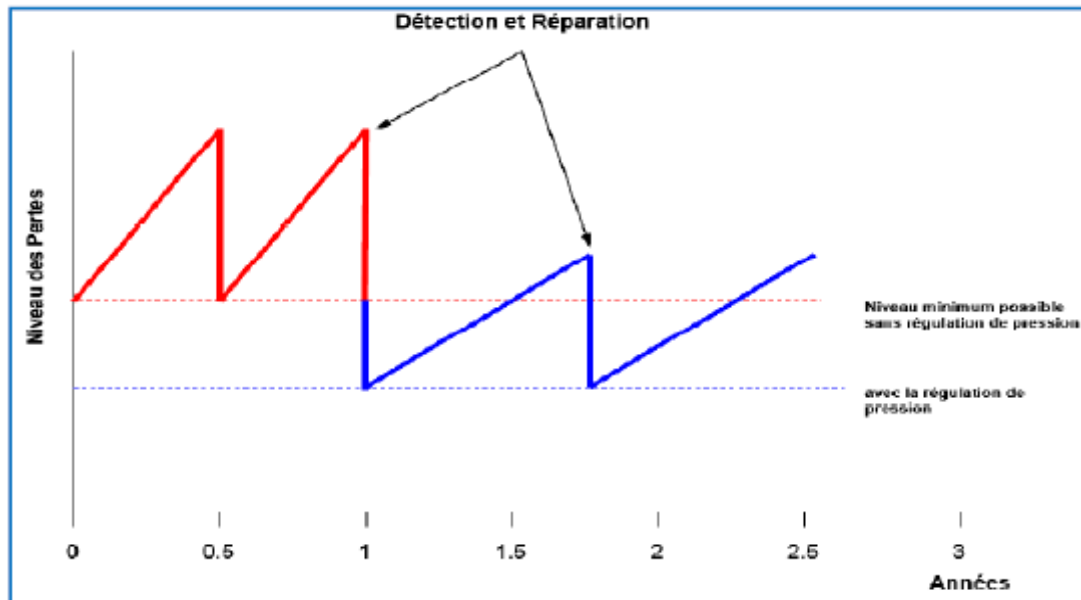
Grâce à la modulation, le système fournit au contraire la pression qui permet de satisfaire la demande de pointe habituelle (été) ou exceptionnelle (incendie), uniquement lorsque celle-ci est vraiment nécessaire. Par conséquent, la pression est toujours inférieure à ce qu'elle était avant la mise en œuvre de la modulation.

Les principaux bénéfices de la modulation sont :

- de réduire le débit de toutes les fuites (petites, grandes, visibles ou non) sans avoir à les identifier, et donc d'économiser l'eau produite (de l'ordre de 5 à 20% du volume distribué selon les expériences déjà réalisées) ;
- de réduire la fréquence des casses et donc :

- de diminuer les coûts de réparation et d'intervention ;
- de prolonger la vie du réseau en réduisant le niveau de stress subi par les canalisations. Les investissements liés au renouvellement peuvent donc être différés.

La figure ci-dessous illustre les bénéfices de la réduction de la pression :



**Figure III.1 :** bénéfices de la réduction de pression.  
(SEAAL.2010)

### III.3- Intérêts de la modulation de la pression

Il existe deux méthodes pour réduire la pression d'entrée dans un réseau de distribution la régulation et la modulation de pression:

Le tableau ci-après explique la différence qui existe entre la régulation et la modulation de pression :

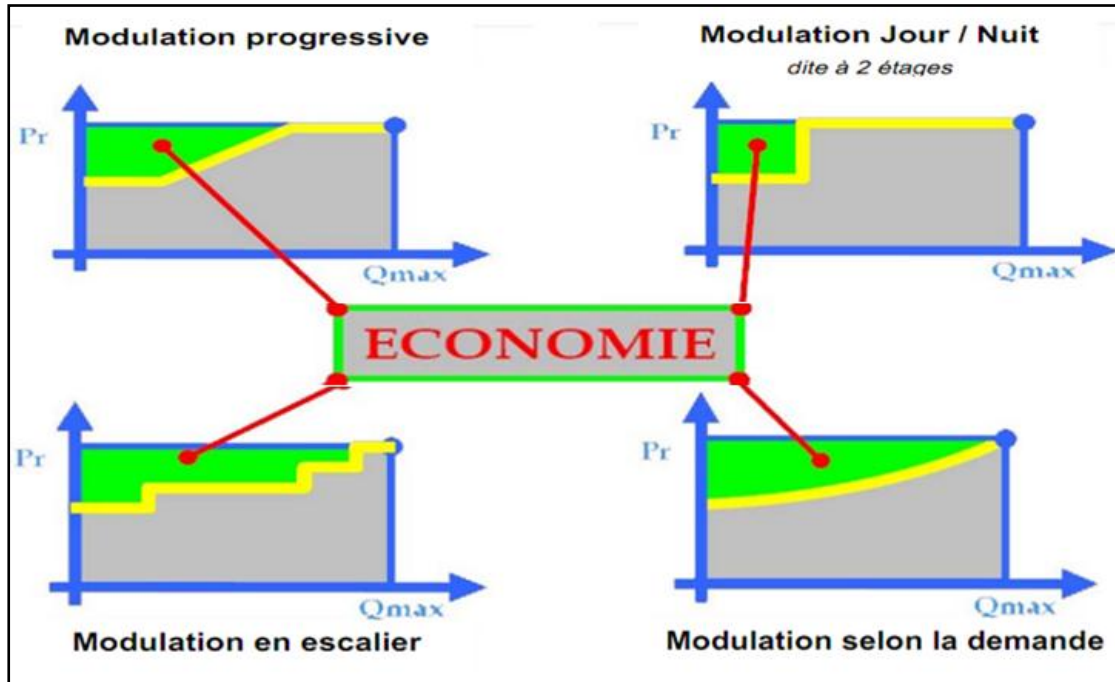
**Tableau III.1 :** différence entre la régulation et la modulation de pression  
(SEAAL.2010)

Réduction de pression	
Régulation de pression	Modulation de pression
<i>Vanne de régulation de pression</i>	<i>Vanne de modulation de pression</i>
<i>Consigne d'entrée constante</i>	<i>Consigne d'entrée variable selon la demande</i>
<i>On règle (diminue) Lorsque la variation de la pression sur 24h n'est pas très importante</i>	<i>On module lorsque la variation de la pression sur 24h dépasse les 20m et que le débit moyen soit le double que celui de nuit.</i>

### III.4- Les différents types de modulation de pression

Il existe plusieurs types de modulation :

- ✓ modulation nuit / jour
- ✓ modulation progressive
- ✓ modulation en escalier
- ✓ modulation selon la demande



**Figure III.2:** Les différents types de modulation de pression (A.GUESMIA, 2009)

Avec la modulation de pression, entre la pointe de consommation de jour et la nuit, la pression peut être réduite de 15 à 20mce, en moyenne, souvent quel que soit le réseau.

Par exemple, pour un immeuble de 8 étages, la capacité de modulation sera de 9 à 10 m.

- ✓ Perte de charge par étage : 1m
- ✓ Perte de charge au compteur à : 2 m
- ✓ Perte de charge à la pointe =  $8 \times 1 + 2 = 10$  m (lié à la variation de la demande)
- ✓

**Remarque :** La modulation à la demande est la méthode la plus avantageuse car elle prend en compte toutes les heures creuses de consommation. La pression n'est pas seulement régulée pendant les 7h de la nuit mais aussi pendant environ 15h par jour de faible consommation.

### III.5- Où moduler la pression ?

La plupart des réseaux peuvent bénéficier de la modulation de pression suivant la demande, si l'amplitude de cette pression est supérieure ou égale à 15 m sur 24 h.

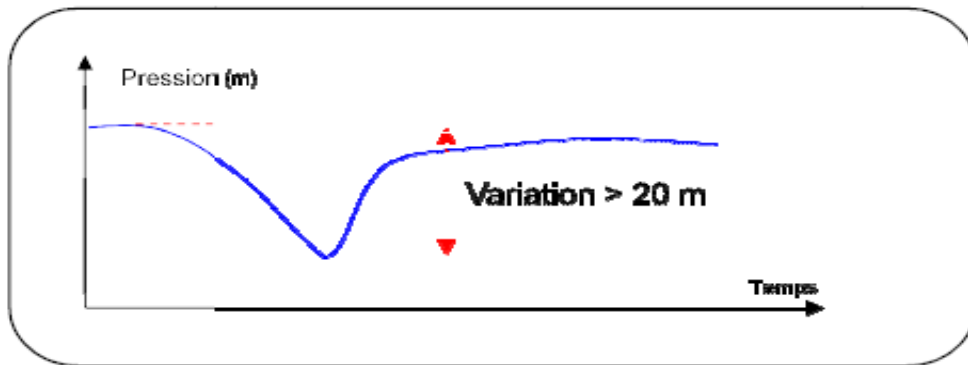
Les critères permettant l'identification des zones prioritaire à réguler sont représentés dans le tableau suivant :



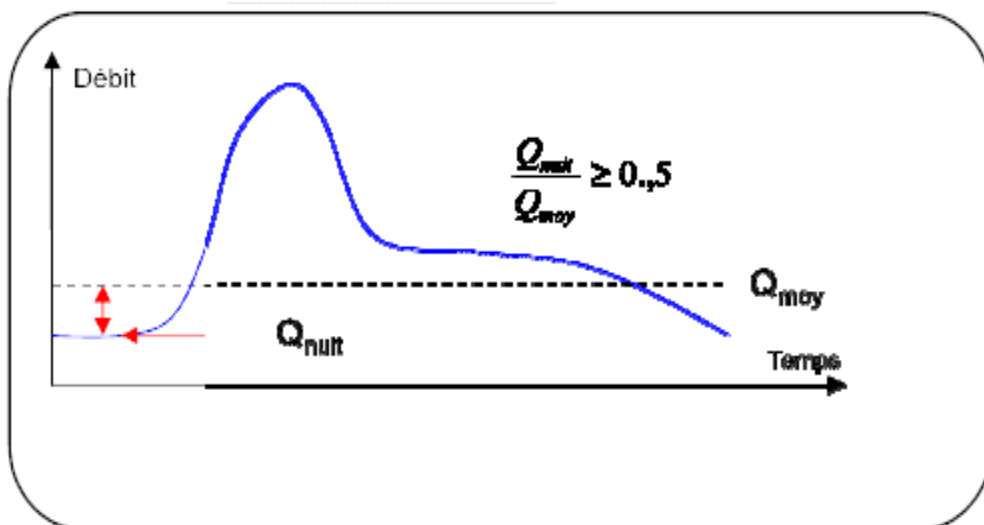
**Tableau III.2:** critères permettant l'identification des zones prioritaire à réguler (SEAAL.2010)

Eléments géographiques	Données opérationnelles
<ul style="list-style-type: none"> <li>● morphologie du terrain (dénivelé)</li> <li>● pression d'exploitation</li> <li>● entrées d'alimentation possibles</li> <li>● frontières naturelles</li> <li>● étude du type d'habitat (HLM, immeubles, maison)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● zones fragiles (nombre de casse et fréquence)</li> <li>● variations de pression « jour / nuit » importantes</li> <li>● zones ou le rapport du débit de nuit sur le débit moyen est élevé (pertes significatives)</li> <li>● étude de la sectorisation existante</li> <li>● minimum de pression contractuelle requis</li> </ul>

La plupart des réseaux peuvent bénéficier de la modulation de pression, si l'amplitude de cette modulation est supérieure ou égale à 20m sur 24h.



**Figure III.3:** variation de la pression en fonction du temps. (SEAAL. 2010)



**Figure III.4:** variation du débit en fonction du temps. (SEAAL. 2010)

### III.6- Localisation de la modulation

#### III.6.1- Modulation de la pression du point local

Cette technique est la façon la plus simple pour réduire la pression. Elle consiste à moduler la pression à l'entrée du SGP (voir la figure III.5) en installant une VRP afin de fixer P2 à des valeurs constantes ou prédéfinies. Les capteurs de pression sont seulement nécessaires pour mesurer P1 et P2 et la communication entre les capteurs et la VRP est simple. Ce type de modulation nécessite le plus faible investissement, mais la pression ne peut être réduite à un niveau optimum en raison de la marge de sécurité plus élevée nécessaire pour assurer la pression de service minimale requise au point critique (PPC).

#### III.6.2-Modulation de la pression du point critique

Pour la modulation de la pression du point critique (aussi appelée modulation à distance), un capteur de pression au point critique contrôle en permanence la pression au point critique (PPC) (voir la figure III.5) et communique les informations à la VRP à l'entrée du SGP. Cette VRP ajuste en permanence P2, de sorte que PPC reste aussi proche que possible de la valeur souhaitée (par exemple une pression de service minimale de 20 m). Cette technique offre de meilleurs résultats que la modulation du point local, mais nécessite également des investissements supplémentaires pour le capteur de pression de PPC et pour les dispositifs de communication. La transmission radio ou l'utilisation d'un modem GPRS / GSM avec une carte SIM utilisant Internet peuvent être utilisées pour communiquer les résultats, comme le montre la Figure ci après. Un système typique permet également la surveillance en temps réel et le contrôle du SGP.

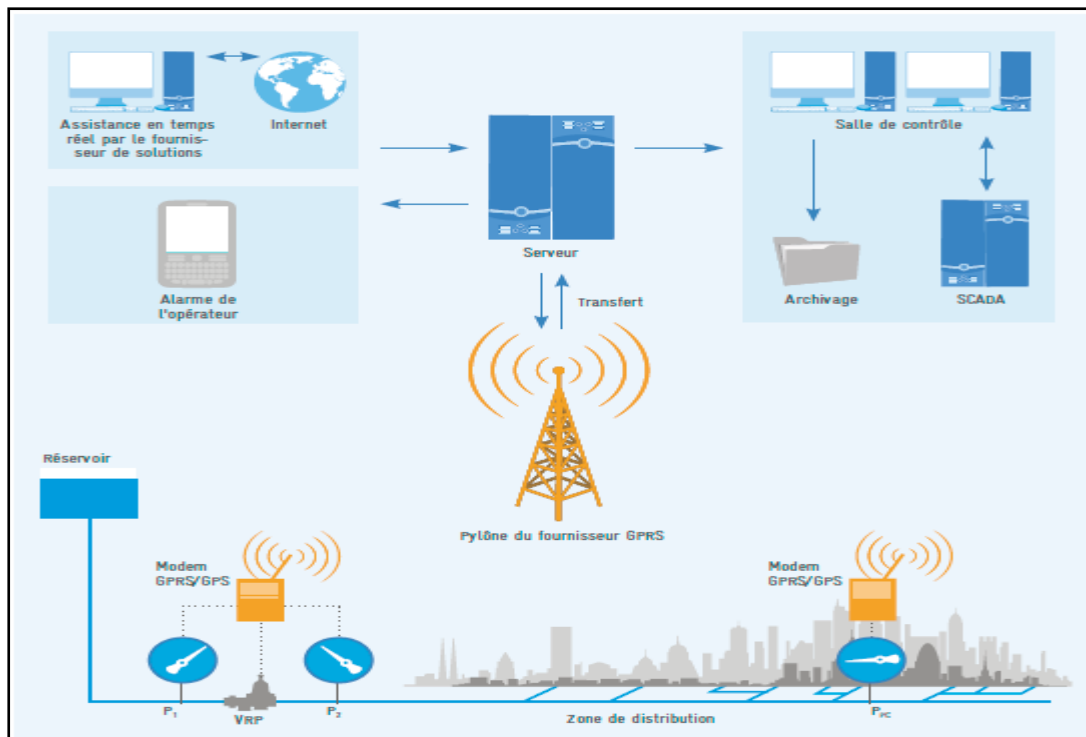
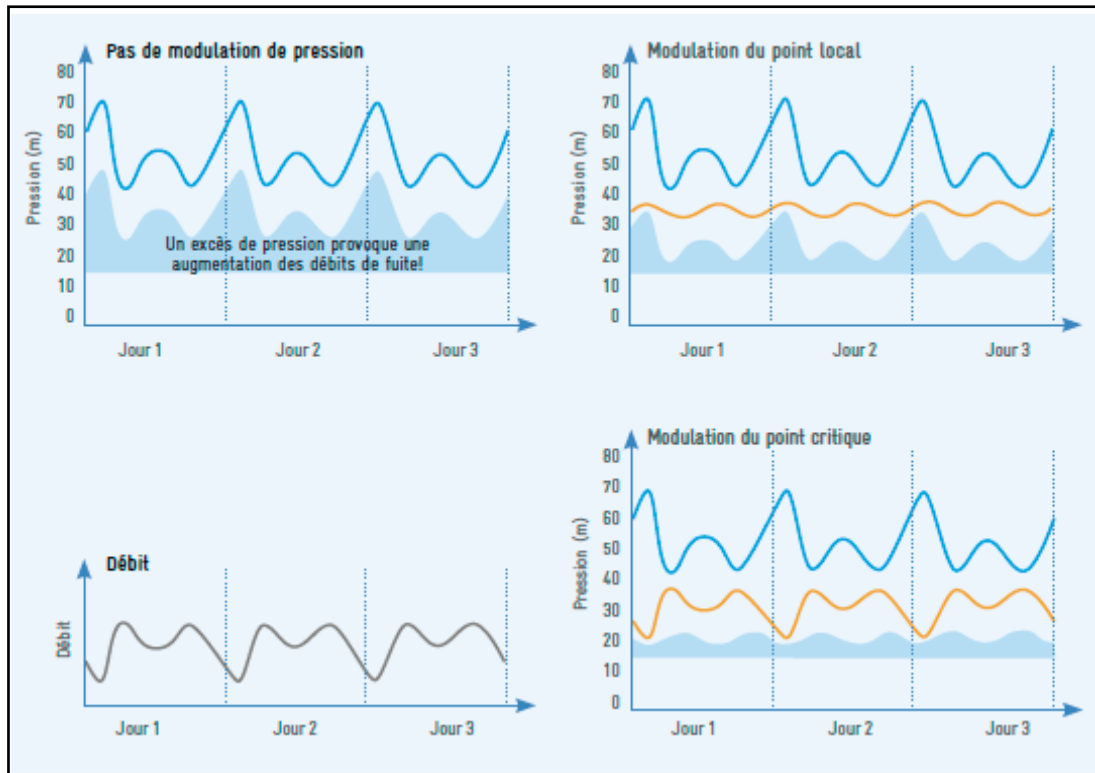


Figure III.5 : Communication dans un système de commande à distance



**Figure III.6 :** Différents concepts de modulation et leurs effets sur la pression

### III.7- Courbes de modulation

Une courbe de modulation est un ensemble de multiplicateurs qui peuvent être appliqués à une valeur de base pour lui permettre d'évoluer au cours du temps. On peut assigner des courbes de modulation à la demande d'un nœud, au niveau d'une bête, à la vitesse de rotation d'une pompe, à la qualité de l'eau dans une source et au prix de l'énergie. L'intervalle de temps utilisé pour chacune des courbes de modulation a la même valeur fixe (toutes les périodes ont la même durée), qui est spécifié dans les Options de Temps du projet.

Durant cette période la valeur du paramètre ne change pas; elle reste égale au produit de sa valeur nominale et du multiplicateur de la courbe de modulation pour cette période de temps. Bien que toutes les courbes de modulation doivent utiliser le même intervalle de temps, chacune peut avoir un nombre différent de périodes. Quand la durée de la simulation excède la durée définie par le nombre de périodes d'une courbe de modulation, le programme retourne au début de la première période pour poursuivre la simulation.

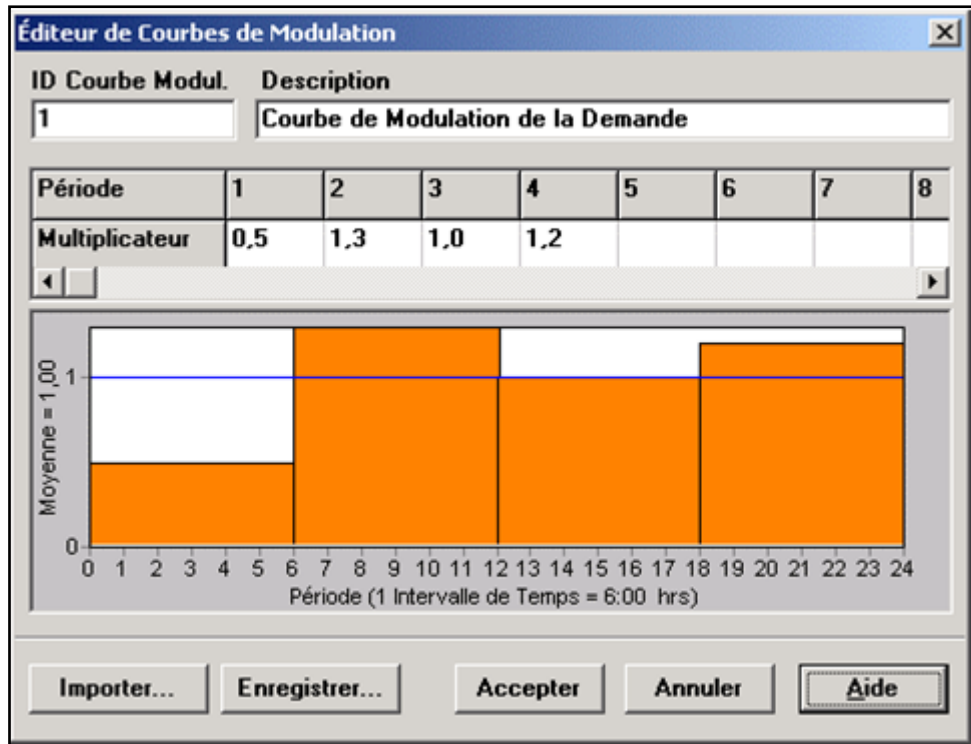


Figure III.7 : la courbe de modulation

### III.8- Equipement et description des appareils de régulation et de contrôle de pression par système mécanique automatisé

#### III.8.1- Les Stabilisateurs de pression

##### III.8.1.1- présentation des stabilisateurs de pression aval

Cet appareil permet de stabiliser une pression d'entrée variable en une pression de sortie inférieure et constante. il réduit la pression d'une adduction gravitaire et stabilise la pression entre deux réseaux de pressions différentes. Au moyen d'une perte de charge que l'appareil est capable de créer, la pression à l'amont est diminuée pour atteindre la consigne de pression qu'on désire imposer pour le réseau en aval. (Mahboub.A, 2011)

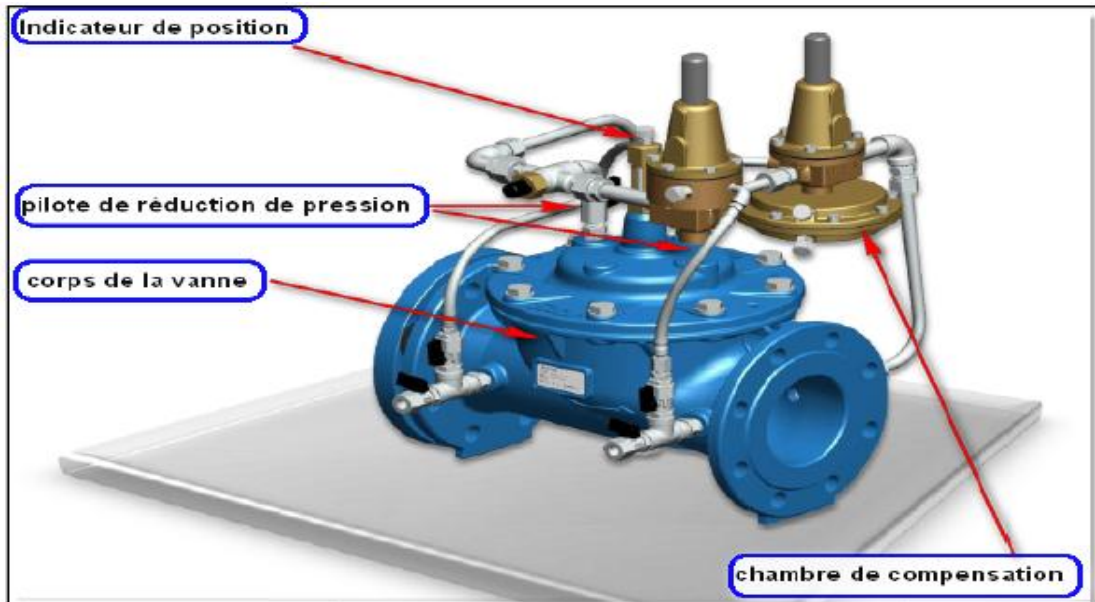
#### A- Fonctions :

Ce stabilisateur commandé par un ressort assure :

- ✓ Le remplacement avantageux d'un brise charge.
- ✓ La réduction et stabilisation de la pression d'un réseau aval, à partir d'un réseau amont à pression plus élevée, quelles que soient les variations de la pression amont et du débit demandé ; sous réserve que les caractéristiques du réseau d'alimentation soient compatibles avec les besoins du réseau aval.
- ✓ La protection d'un secteur ou d'un appareillage délicat.
- ✓ La stabilisation de la pression d'aspiration d'un surpresseur.
- ✓ La régulation de réseaux étagés.

## B- Applications :

- ✓ Réseaux de distribution d'eau publics ou privés.
- ✓ Réseaux d'eau domestiques, industriels ou incendie.
- ✓ Réseaux d'irrigation.



**Figure III.8 :** vanne de stabilisateur de pression aval

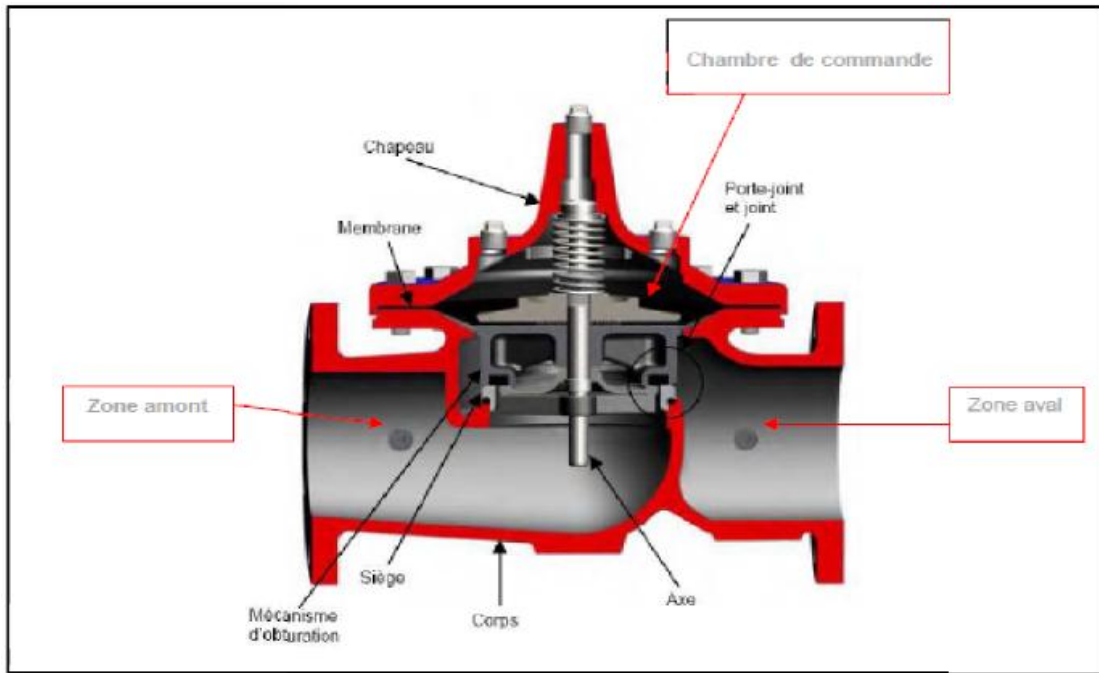
Un stabilisateur aval est composé essentiellement de deux éléments principaux :

- ✓ la vanne de base à membrane.
- ✓ le circuit pilote.

### 1- La vanne de base

Il est recommandé d'installer la vanne de base horizontalement, le chapeau dirigé vers le haut.

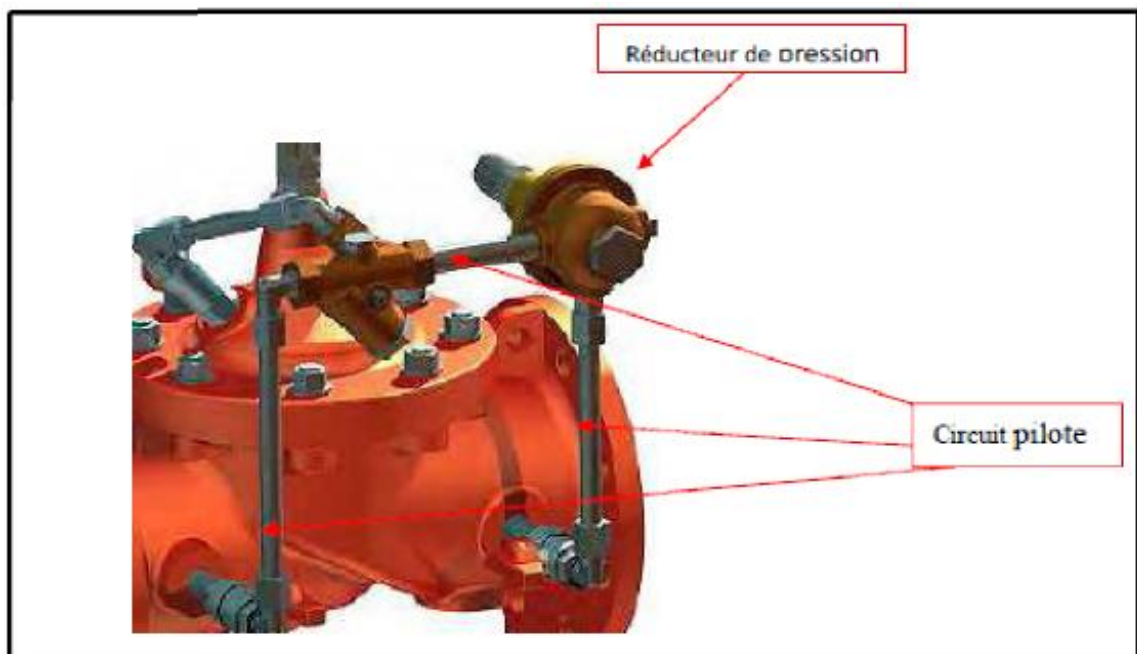
- Installer la vanne dans le sens d'écoulement prévu. Celui-ci est indiqué par la plaquette signalétique de l'appareil monté sur la bride d'entrée (et/ou par la flèche d'écoulement placée sur le corps de la vanne de base).
- Purger la conduite amont avant l'installation de la vanne de base, afin d'éviter toute présence de corps étranger dans l'appareil.
- Prévoir des vannes de barrage à l'amont et/ou à l'aval afin d'isoler l'appareil lors de révision ou contrôle.
- Lors de la mise en eau de l'appareil : purger la chambre de commande de la vanne de base, ainsi que le circuitpilote au(x) point(s) haut(s)



**Figure III.9** : les éléments de la vanne de base (Mahboub.A, 2011)

## 2- Circuit - pilote de réduction de pression

C'est un circuit extérieur de réduction de pression. Ce dernier est installé sur la tubulure aval du circuit pilote. Notons que sa dimension reste la même quelque soit le diamètre de la vanne de base. Il est doté d'un orifice var grandeur à régler (pression amont, aval, différentielle, niveau d'eau...)



**Figure III.10** : la vanne de base avec son circuit pilote

### III.8.1.2-Principe de fonctionnement du stabilisateur de pression aval

On va montrer la différence entre le cas d'une vanne simple et d'une vanne de régulation.(Mahboub.2011)

#### II.8.1.2.1- Cas où la vanne n'est pas encore équipée du pilote de régulation

##### a) - La pression de la chambre de commande est mise à la pression Atmosphérique :

La pression d'entrée  $P_e$  est plus élevée que la pression  $P_c$  dans la chambre de commande de la vanne de base  $P_c < P_e$ . La chambre de commande se vide. la vanne reste grande ouverte quelque soit le débit

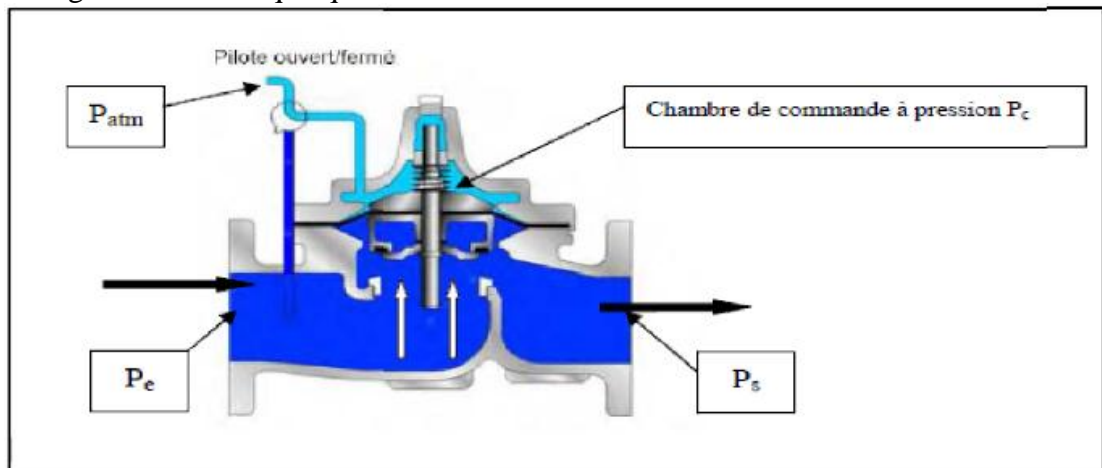


Figure III.11 : la vanne de base en fonctionnement

##### b) La chambre de commande est à la pression amont du réseau :

On établit une communication entre la zone amont et la chambre de commande au moyen d'une tubulure. La pression d'entrée  $P_e$  est égale à la pression  $P_c$  dans la chambre de commande de la vanne. La surface pressée de la partie supérieure étant plus grande que celle du bas. Par conséquent, la vanne se ferme hermétiquement car la force de pression exercée par le bas sur le siège de la vanne de base est inférieure à la force pressante appliquée sur ce siège par le haut (est ajoutée à la force de pression de l'eau, le poids du mécanisme D'obturation).

Force de pression = (pression) x (surface pressée)

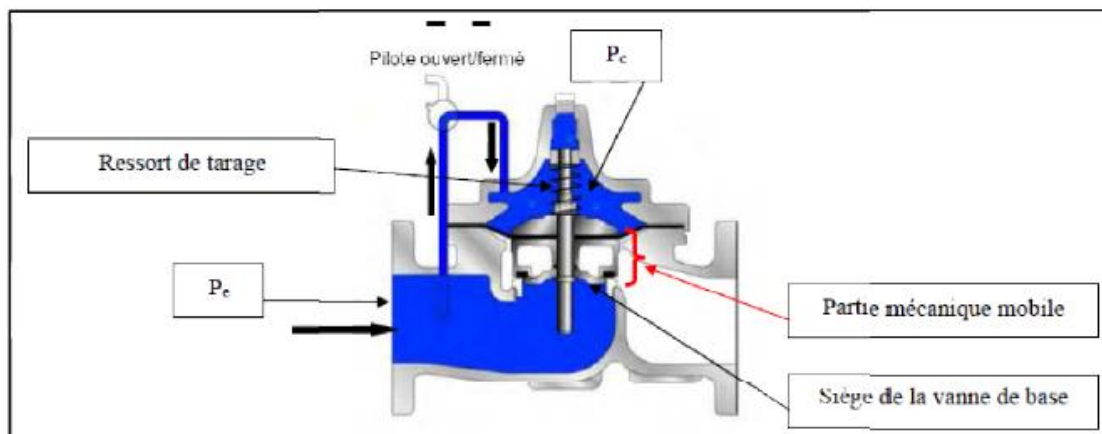


Figure III.12 : la vanne de base en fonctionnement (Mahboub.A, 2010)

### II.8.1.2.2- Cas où la vanne est équipée du pilote de régulation

L'ouverture ou la fermeture de la vanne de base est commandée par le pilote de régulation, la vanne de base suit les mouvements du pilote.

Le réducteur de pression est réglé selon la consigne aval. Ainsi il mesure en permanence la pression aval. Dès que cette dernière devient supérieure à la consigne, le pilote se ferme, il n'y a plus d'eau qui circule vers son aval.

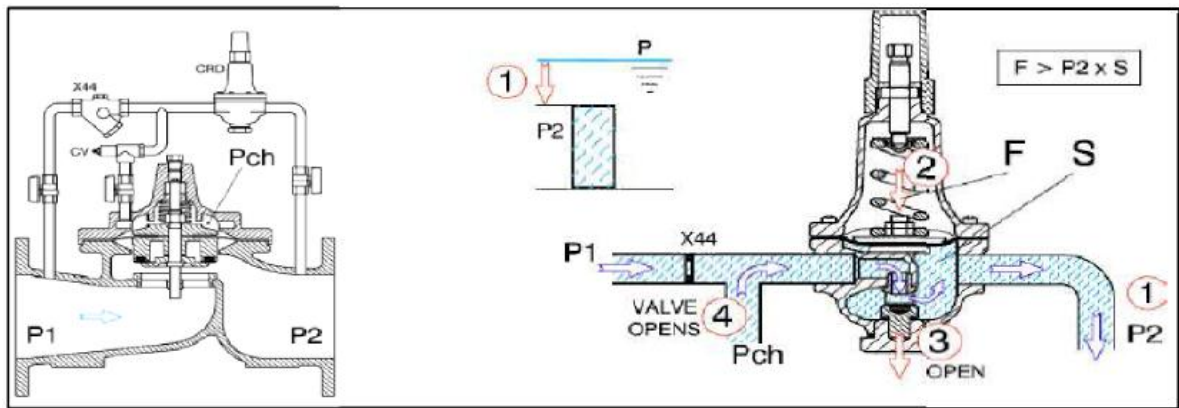


Figure III.13 : le pilote régulateur fermé

Par conséquent l'eau, dans le circuit pilote est dirigé dans la chambre de vanne on revient au cas précédant ci-dessus : la force pressante du bas vers le haut au niveau du siège est faible par rapport à celle du haut vers le bas. La vanne de base se ferme à son tour.

Dans le cas contraire, le pilote s'ouvre, la chambre de vanne se vide, la vanne de base s'ouvre.

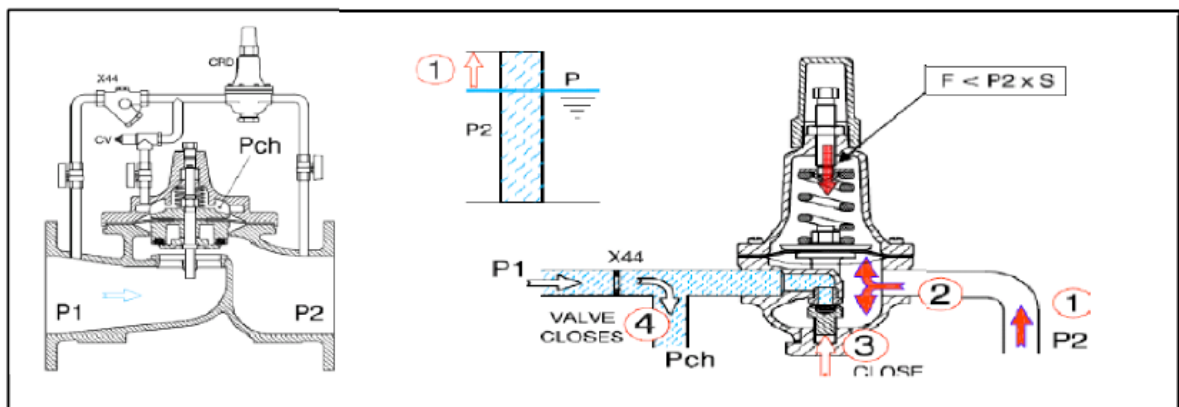


Figure III.14 : le pilote régulateur ouvert

Pch : pression de la chambre de commande

P1 : pression amont du réseau

P2 : pression aval du réseau

S : surface

CRD : le réducteur de pression

X44 : Filtre

Valve closes : la vanne est fermée

Close : fermé



Mais un certain volume d'eau emmagasiné dans la chambre de commande détermine une ouverture partielle verrouillée de la vanne. Lorsque la vanne est dans un état stable: l'eau ne sort et n'entre pas dans la chambre de commande, le pilote de réduction de pression fixe une position d'équilibre.

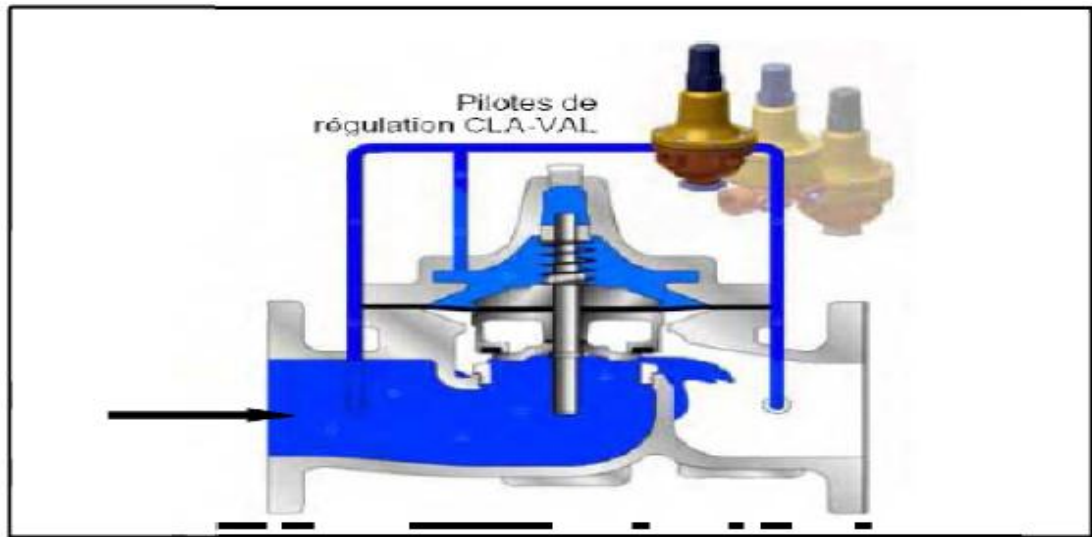


Figure III.15 : la vanne de base en équilibre (Mahboub.A, 2010)

### III.8.2- Modulateur de pression

#### III.8.2.1- Principe d'un système de modulateur de pression

Pour mettre en place un système de modulateur de pression, il est nécessaire de Disposer de :

- ✓ une vanne de régulation hydraulique à pilote ;
- ✓ un modulateur permettant le contrôle de la vanne à distance et selon une Consigne pré-établie.
- ✓ un appareil de saisie et d'affichage des données.

La figure ci-après en illustre le montage :

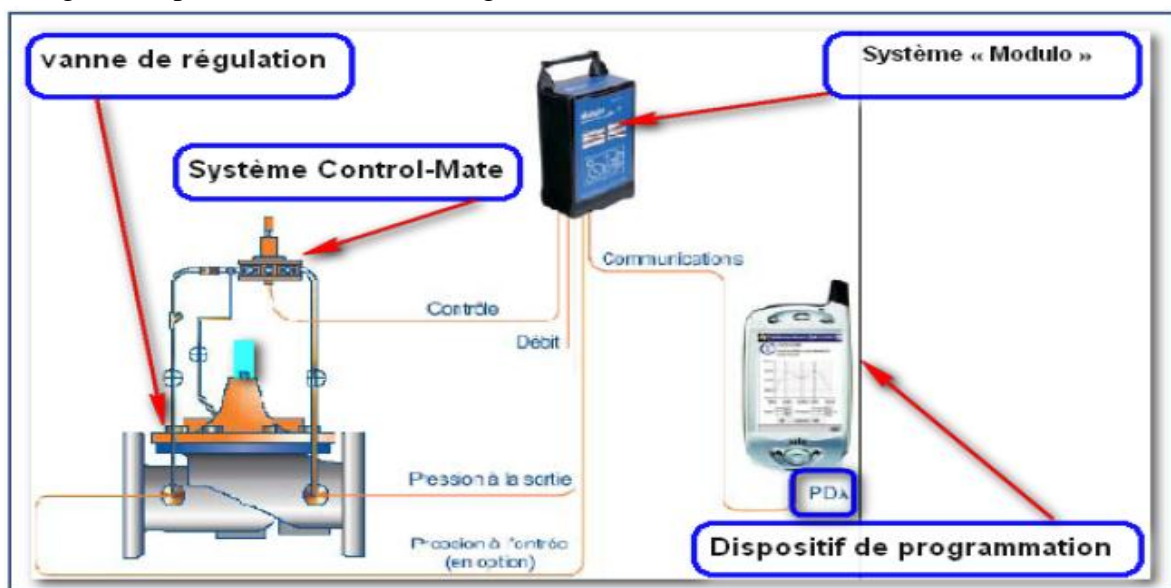


Figure III.16 : Principe d'un système de modulateur de pression

### III.8.2.2- Présentation de système « Modulo »

La réduction de la pression dans un réseau de distribution d'eau est une technique prouvée pour la réduction des fuites et de leur fréquence d'apparition. (Mahboub. 2011)

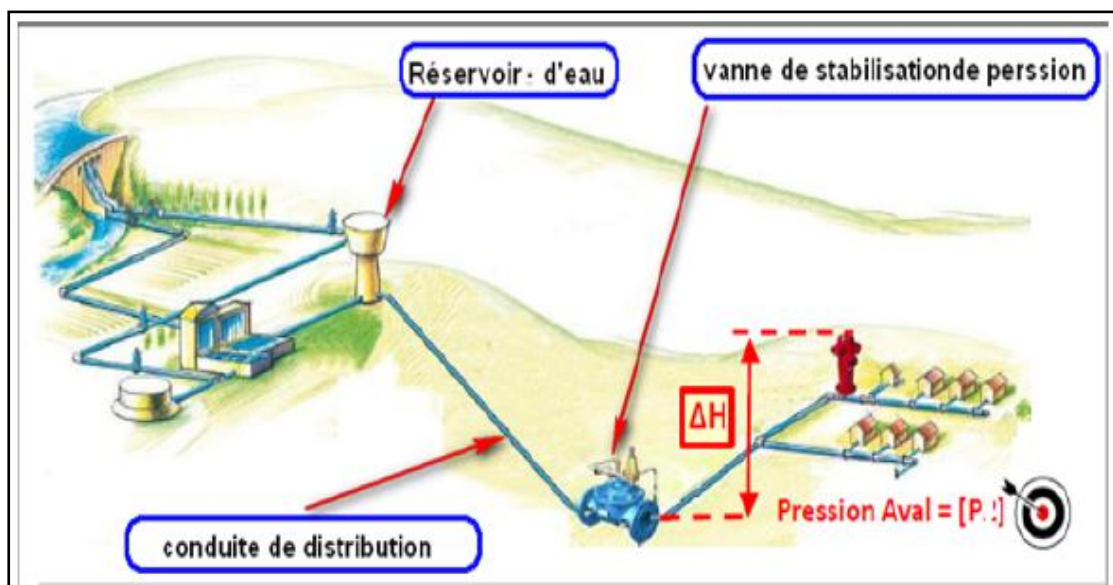
**Modulo 1** est un nouvel équipement électronique de modulation de pression simple à utiliser. Installé sur un pilote d'une Vanne de Régulation existante (PRV), le Modulo1 est capable de réguler la pression avale en fonction soit d'un profile de Temps, soit du débit.

**Modulo 1** intègre un enregistreur 3 voies comprenant une voie débit et deux voies pression. Les mesures de pression sont effectuées par les capteurs et la donnée est enregistrée pendant que la modulation se fait. Modulo utilise la technologie 'pneumatique'. Ceci permet un contrôle stable et régulier (sans à-coups) de la Vanne sans les problèmes liés aux vannes solénoïdes et filtres utilisés dans d'autres modulateurs de pression.

Les données sont collectées et analysées en utilisant les logiciels TECHNOLOG tel que : PMAC. Ce logiciel sous Windows est doté d'une base de données puissante permettant l'utilisation de fonction 'simple click' pour analyser et exporter les informations.

### III.8.2.3- Fonctionnement et dimensionnement

Le mode de fonctionnement est identique. Les conditions de dimensionnements se différent de manière à déterminer sa plage de fonctionnement. Pour une compréhension simple, un exemple ci après:



**Figure III.17:** montre un exemple dans la pratique de modulation de pression

### III.8.2.4- Exemple applicable

Les données : La différence de cote  $\Delta H = 20\text{ m}$  ;

[1,0 bar] = Pression résiduelle

Les pertes de charges linéaires  $\Delta P$ :

- $\Delta P_1 = 0.1$  (bar) pour un débit min  $Q_1 = 10$  (m<sup>3</sup> /h)
- $\Delta P_2 = 0.9$  (bar) pour un débit moyen  $Q_2 = 30$  (m<sup>3</sup> /h)
- $\Delta P_3 = 3.0$  (bar) pour un débit max  $Q_3 = 60$  (m<sup>3</sup> /h)

Les pressions (min – moy – max) sont :

$P = 2,0 + 1,0 = 3$  (bar) = 30 m H<sub>2</sub>O c'est la pression de point critique.

$P_1 = \Delta H + [1,0 \text{ bar}] + \Delta P_1 = 2 + 0.1 + 1,0 = 3.1$  (bar) } **possibilité de la**  
 $P_2 = \Delta H + [1,0 \text{ bar}] + \Delta P_2 = 2 + 0.9 + 1,0 = 4.0$  (bar) } **vanne de modulation**  
 $P_3 = \Delta H + [1,0 \text{ bar}] + \Delta P_3 = 2 + 3.0 + 1,0 = 6.0$  (bar) } **de pression**

Pour déterminer la plage de fonctionnement. Pour une compréhension simple, un exemple ci après :

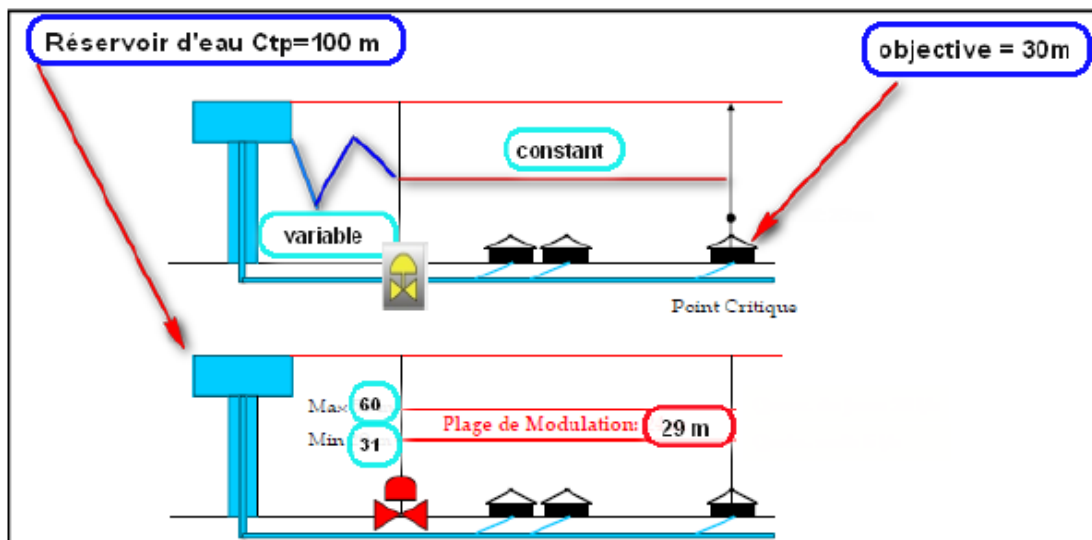


Figure III.18 : un exemple montre La plage de modulation de pression

- La cote de trop plain de réservoir est de l'ordre 100 m
- Dimensionnement pour le débit de jour :  $100 - 60 = 40$  m (réduction de 40 m)
- Dimensionnement pour le débit de nuit :  $100 - 31 = 69$  m (réduction de 69 m)
- Donc la plage de modulation sera :  $69 - 40 = 29$  m

### III.8.2.5- ETUDE DE FAISABILITE

L'étude de faisabilité d'un projet de modulation de pression se base essentiellement sur l'étude hydraulique du réseau et la définition d'une sectorisation adaptée à la modulation.

### III.8.2.6- Identification et dessin des zones à réguler

La première étape consiste à identifier les zones du réseau, les plus larges possibles, qui sont susceptibles d'être régulées en pression.

### III.8.2.7- Étude hydraulique

#### A- Objectifs de l'étude hydraulique

Les objectifs de l'étude hydraulique sont:

- Finaliser le dessin de l'étage : points d'injection (entrées) et frontières ;
- identifier les abonnés critiques ;
- connaître de façon précise les pressions d'entrée nécessaires à la satisfaction de l'abonné critique ;
- détecter les anomalies de fonctionnement sur le réseau : pertes de charge, coups de bélier, mauvaise communication hydraulique;
- dimensionner les vannes de modulation.

#### B- Différentes étapes de l'étude hydraulique

##### Etape1 : campagne de mesure de débits et de pressions.

Une campagne de mesure / enregistrement simultanée des pressions et débit en entrée de la zone à moduler et de la pression aux points stratégiques de ce réseau doit être réalisée sur 1 ou 2 semaines, sur la base d'un pas de temps d'enregistrement de 15 minutes. Les vannes de frontière principales de l'étage prévu devront être fermées si possible.

Si pendant la campagne de mesure, des enregistrements peuvent être effectués pendant une période de forte consommation (l'aïd par exemple), cela renseignera aussi sur le comportement du réseau en conditions « extrêmes ». Les mesures de pression doivent être réalisées aux points importants du réseau principal de l'étage prévu :

- Entrées d'alimentation de la zone de modulation,
- Raccordements importants (interconnexion de canalisations),
- Points susceptibles d'être critiques (points les plus élevés, points les plus distants des entrées),
- Point de pression moyenne.

Les gros consommateurs (>100 000 m<sup>3</sup>/an), jouent un rôle prépondérant dans les campagnes de mesure, en effet la mise en place d'enregistreurs de pression spécifiques doivent être installés près de leurs branchement afin de détecter des éventuelles perturbations qui pourront créer des coups de bélier. En résumé ; l'intérêt principal de ces campagnes de mesure est de connaître de façon précise les pressions d'entrée nécessaire a la satisfaction de l'abonné. (SEAAL.2010)

##### Etape2 : identification du point critique

Le point critique peut être différent selon l'heure de la journée :

- la nuit, c'est le point situé à la côte la plus élevée ;
- en période de pointe, ça peut être le point le plus éloigné des entrées du système ou un point installé dans une zone mal alimentée ou défavorisée.

- Par exemple, une canalisation défavorisée peut être une canalisation de petit diamètre ayant une forte densité de population ou encore sur une extension de réseau de petit diamètre en campagne. (SEAAL.2010)

### Etape3 : identification du point moyen

L'identification du point moyen n'est pas indispensable à proprement dit pour la mise en œuvre de la modulation de pression. Toutefois, c'est par son calcul qu'une analyse économique de la modulation de pression peut être réalisée. Il est donc fortement conseillé d'en avoir connaissance.

Le point moyen doit être un point représentatif du réseau où la dénivelée est pondérée par la densité de population (exemple : point de côte moyenne ou de côte plus ou moins haute mais présentant une forte densité de population). (SEAAL.2010)

### Etape 4 : détection des anomalies éventuelles

Les anomalies de fonctionnement du réseau peuvent être :

- Des pertes de charges excessives.
- Des coups de bélier.
- Des mauvaises communications hydrauliques.

### Etape 5 : dessin de la frontière

Le dessin de cette frontière est le résultat d'un compromis entre les deux impératifs suivants :

- ✓ Abaisser significativement la côte du point critique ;
- ✓ Ne pas trop réduire l'étendue de la zone à alimenter à pression régulée.

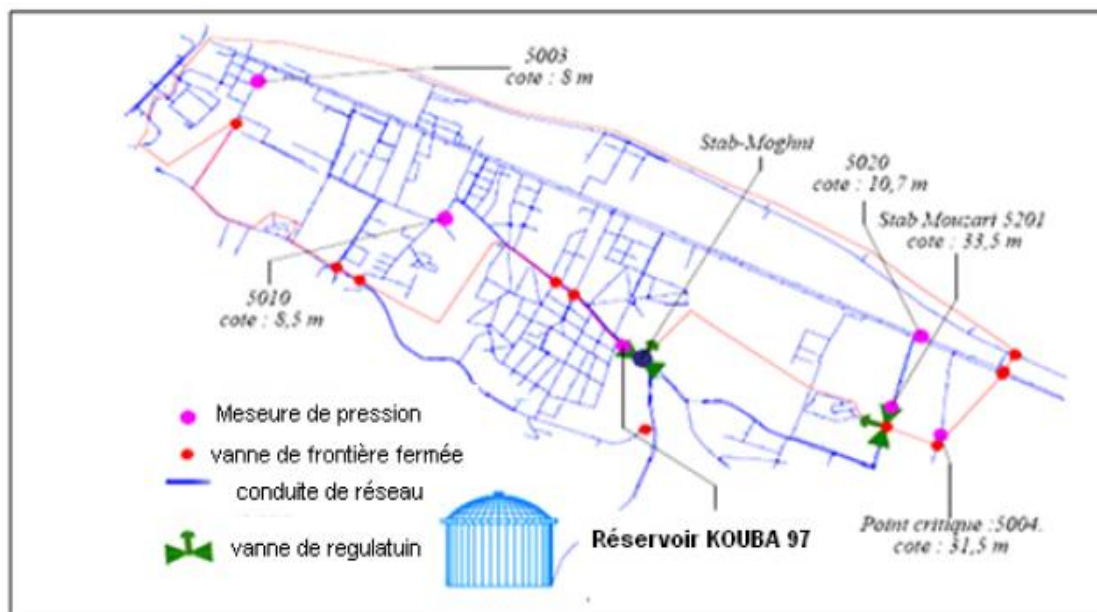


Figure III.19 : Exemple d'un dessin de la frontière (A.GUESMIA, 2009)

### Etape 6: Emplacement et dimensionnement des vannes de modulation

Les vannes de modulation sont généralement installées sur les canalisations de distribution importantes, le plus près possible de leur raccordement aux conduites stratégiques de transport.

Leur dimensionnement doit permettre de respecter les obligations du service au point critique pour la période de pointe des jours de pointe. (SEAAL 2010)



Figure III.20 : vanne de modulation ( Kouba ,97)

### III.9- CONCLUSION

L'instauration de cette modulation de pression est fortement bénéfiques car elle a permit une excellente gestion et maitrise en terme d'exploitation des réseaux, mais aussi une meilleure maintenance préventive des éventuelles anomalies dans les réseaux de distribution.

Les impacts constatés après cette réduction de pression dans les différents étages de distribution sont très positifs sur le taux de casse des conduites, le nombre et la fréquence d'apparition des fuites ainsi que sur l'importante réduction du volume des pertes physiques.

## Chapitre -04- Etude de cas : application à des réseaux existants

### IV.1- introduction

Dans ce chapitre on va faire une étude de cas avec une simulation de contrôle de pression sur un réseau existant par l'utilisation de logiciel EPANET, et on va interpréter les résultats avant et après la modélisation.

### IV.2- Qu'est ce que EPANET ?

EPANET est un logiciel de simulation du comportement hydraulique et qualitatif de l'eau sur de longues durées dans les réseaux sous pression. Un réseau est un ensemble de tuyaux, nœuds (jonctions de tuyau), pompes, vannes, bâches et réservoirs. EPANET calcule le débit dans chaque tuyau, la pression à chaque nœud, le niveau de l'eau dans les réservoirs, et la concentration en substances chimiques dans les différentes parties du réseau, au cours d'une durée de simulation divisée en plusieurs étapes. Le logiciel est également capable de calculer les temps de séjour et de suivre l'origine de l'eau.

EPANET a pour objectif une meilleure compréhension de l'écoulement et de l'usage de l'eau dans les systèmes de distribution. Il peut être utilisé pour différents types d'application dans l'analyse des systèmes de distribution. En voici quelques exemples: définition d'un programme de prélèvement d'échantillons, calage d'un modèle hydraulique, simulation du chlore résiduel, et estimation de l'exposition de la population à une substance. EPANET offre une aide à la recherche de stratégies alternatives pour gérer le réseau, comme par exemple:

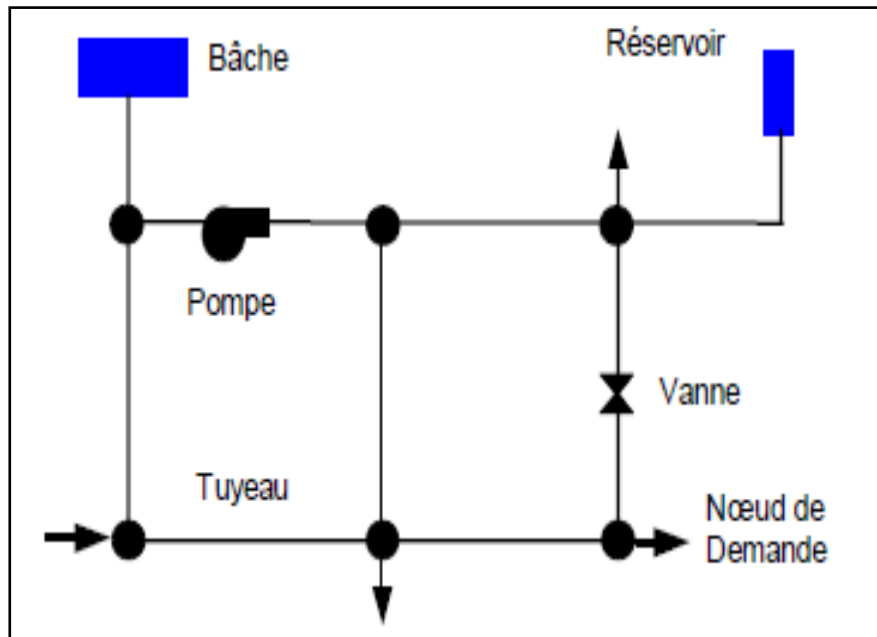
- utilisation en alternance des différentes ressources du système,
- modifier le régime de pompage ou de marnage des réservoirs,
- préciser l'usage des stations de recoloration (ou autres retraitements) en réseau,
- planifier l'entretien et le remplacement de certaines canalisations.

Disponible sous Windows, EPANET fournit un environnement intégré pour l'édition de données de réseau, pour l'exécution de simulations hydrauliques et de simulations qualité, et pour l'affichage des résultats sous plusieurs formats (des cartes avec des codes couleurs, des tableaux et des graphiques). (Lewis A.2003)

### IV.3- la modélisation du réseau par EPANET

EPANET modélise un système de distribution d'eau comme un ensemble d'arcs reliés à des nœuds. Les arcs représentent des tuyaux, des pompes, et des vannes de contrôle. Les nœuds représentent des nœuds de demande, des réservoirs et des bâches.

La figure ci-dessous indique les liaisons entre les différents objets formant le réseau :



**Figure VI.1 :** Composants Physiques d'un Système de Distribution d'Eau  
(Lewis A.2003)

#### IV.4- Les étapes de modélisation par EPANET

La modélisation d'un système de distribution d'eau par EPANET s'effectue selon les étapes suivantes :

- ✓ le dessiner du réseau représentant le système de distribution ou l'importation d'une description de base du réseau enregistrée dans un fichier au format texte.
- ✓ la saisie des propriétés des éléments du réseau
- ✓ la description du fonctionnement du système
- ✓ la sélection d'un ensemble d'options de simulation
- ✓ L'exécution de la simulation hydraulique ou de l'analyse de la qualité
- ✓ la visualisation des résultats de la simulation.

#### IV.5- Etude de cas

##### IV.5.1- Présentation de la zone d'étude

La wilaya de SKIKDA est limitée au Nord par la mer méditerranée, au Sud par la wilaya de Constantine et de Guelma, à l'Est par la wilaya d'Annaba et à l'Ouest par la wilaya de Jijel. Notre zone d'étude c'est la commune de Boulekroud qu'appartient à la wilaya de skikda.





Figure IV.2 : Situation géographique de la ville

#### IV.5.2- Présentation du problème

Dans notre cas on a un problème des pressions élevés au niveau de quelques tronçons de réseau Boulekroud et pour cela notre objectif est de trouver une solution avancée pour résoudre ce problème et le détail sera représenté ci-dessous.

#### IV.5.3- Présentation du réseau de la ville de Boulekroud wilaya de Skikda

Le réservoir de Boulekroud est alimenté par le réservoir de Sidi Ahmed via une conduite en PEHD 200. Les paramètres injectés dans le modèle sont :

- ✓ Demande en eau : 1 790 m<sup>3</sup>/j
- ✓ Pertes : 450 m<sup>3</sup>/j
- ✓ Rendement du secteur : 80%.
- ✓ Volume mis en distribution total à partir de Boulekroud : 2 240 m<sup>3</sup>/j.

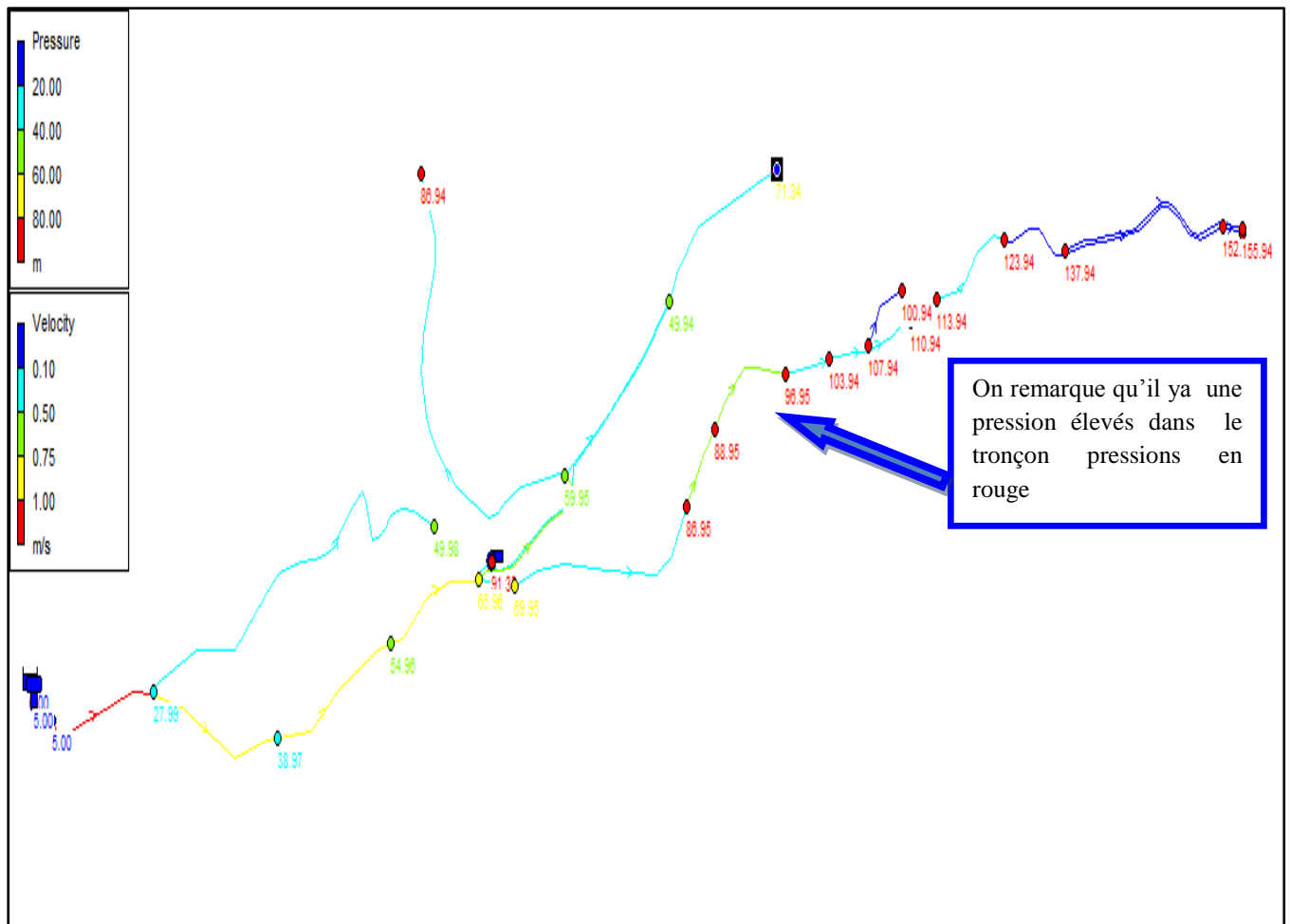
Le linéaire de réseau à réhabiliter est :

Tableau IV.1 : linéaire de réseau à réhabiliter

Diamètre ext	Diamètre int	Linéaire (ml)
90	73,6	90,6
110	90	2236,4
200	163,6	274,1
250	204,6	4,08
<b>Total</b>		<b>2605</b>

### IV.5.3.1- Evolution des pressions de distribution

L'évolution des pressions maximales en période de pointe est reprise dans l'extrait ci-dessous:



**Figure IV.3** : la représentation du réseau de Boulekrout sur EPANET

Les vitesses sont inférieures à la limite de 1 m/s sur la quasi-totalité du réseau à l'exception de la conduite en PEHD 315 en sortie du réservoir, où la vitesse atteint 1.1 m/s en période de pointe horaire. Cette vitesse reste acceptable. Le réseau de distribution est donc bien dimensionné pour faire face à la demande de pointe.

En revanche les **pressions de distribution sont importantes sur la partie basse du réseau de distribution où nous enregistrons des pressions de l'ordre de 15 bars.**

Pour réduire ces pressions deux solutions peuvent être proposées :

- ✚ Installation d'au moins deux réducteurs de pression en cascade,
- ✚ Création d'un stockage intermédiaire qui fera office de brise charge, la nécessité de ce stockage sera étudiée dans ce qui suit :

Telle que ces réducteurs sont des vannes de réduction de pression ayant les caractéristiques suivant :

Régulateur de pression pour plages de consignes comprises entre 15 bars et 40 bars  
Vannes diamètres nominaux DN 125 à 500 · Pression nominale PN 16 à 40 · Pour liquides, gaz et vapeurs jusqu'à 350 °C

#### **IV.5.3.2- Le Stockage**

La capacité de stockage actuel du réservoir de Boulekroud est de 500 m<sup>3</sup>.

Le volume total mis en distribution est de 2 240 m<sup>3</sup>/j, soit en moyenne 93 m<sup>3</sup>/h.

##### **A- Volume de régulation**

Le volume de régulation est de l'ordre de 490 m<sup>3</sup>.

##### **B- Volume de l'autonomie**

Le volume nécessaire pour une autonomie de 10 h, soit 5/12 du volume mis en distribution, est de 930 m<sup>3</sup>.

##### **C- Volume total**

Le volume total du réservoir sera donc :

120 m<sup>3</sup> pour la réserve incendie,

490 m<sup>3</sup> correspondant au volume de régulation,

930 m<sup>3</sup> pour une autonomie de 10 heures,

Le volume théorique du réservoir de Boulekroud est de **1540 m<sup>3</sup>**.

**Pour Boulekroud, il est nécessaire de construire un stockage supplémentaire d'au moins 1000 m<sup>3</sup>.**

Nous proposons de répartir ce stockage comme suit :

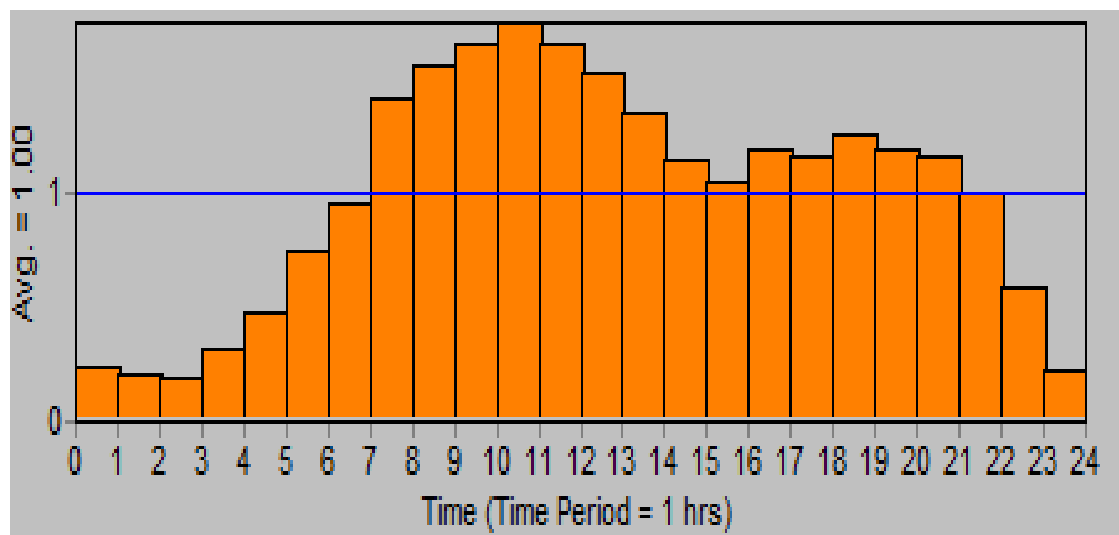
- Construction d'une nouvelle cuve de 500 m<sup>3</sup> au niveau du site actuel,
- Construction d'une nouvelle cuve de 500 m<sup>3</sup> calée à la cote radier = 145 mNGA (voir image ci-dessous), cette dernière fera office en parallèle de brise charge.



**Figure IV.4 :** photo aérienne de la ville de Boulekroud avec le stockage implanté

#### IV.5.3.3- la Courbe de modulation

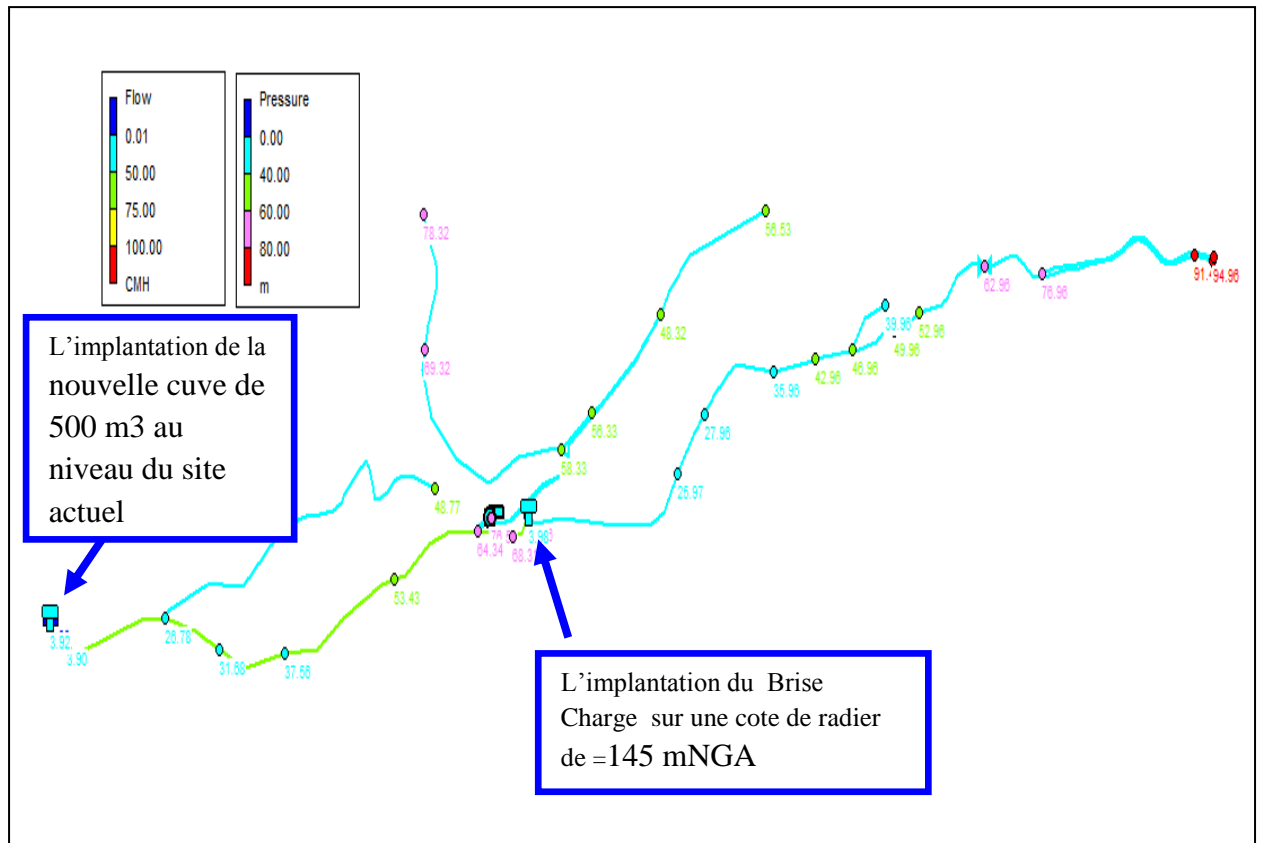
La courbe de modulation pour notre cas, est pour un intervalle de temps de 1 heure, on introduit les coefficients multiplicateurs de demande dans le logiciel et on obtient sur la courbe de modélisation qui a été représenté par la figure ci-dessous :



**Figure IV.5 :** la courbe de modulation

#### IV.5.3.4- Evolution des pressions de distribution avec l'implantation du brise charge et la vanne de réducteur de pression

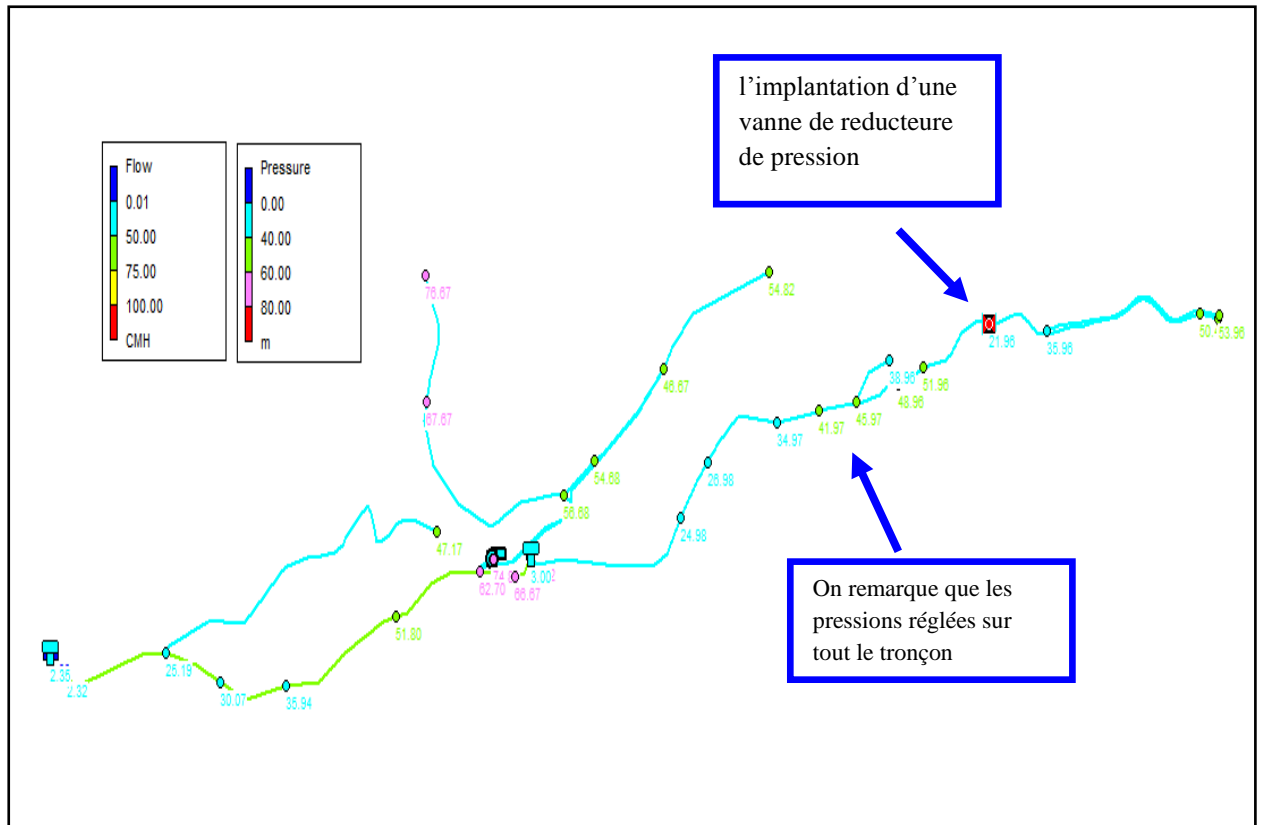
Avec ces configurations, et un calage à 145 mNGA d'un nouveau stockage de 500 m<sup>3</sup>, les pressions de distribution seront inférieures à 8 bars sur la totalité du réseau de distribution.



**Figure IV.6 :** la modulation des pression par l'implantation d'un brise charge

Avec l'implantation du Brise Charge on remarque sur la simulation par Epanet que presque toutes les pressions ont réglée le long des tronçons sauf quelques points au niveau de l'extrémité du réseau.

Pour ce faire avec l'implantation de la nouvelle cuve de 500 m<sup>3</sup> au niveau du site actuel et L'implantation du Brise Charge sur une cote de radier de =145 mNGA on a gagné une capacité de stockage de 1000 m<sup>3</sup> ce qui nous faire une satisfaction complète pour notre région.



**Figure IV.7 :** la modulation des pression par l'implantation d'un brise charge et un vanne de reducteur de pression

Avec l'implantation du Brise Charge et la vanne de reducteur de pression on remarque sur la simulation par Epanet que toutes les pressions ont réglée le long des tronçons.

#### IV.6- conclusion

- D'après la modulation et par l'utilisation d'un brise charge et un vanne de réducteur de pression, on trouve que les pressions ont réglé dans le réseau totalement.
- Avec la modulation de pression à la demande, l'abonné conservera un niveau de pression quasi-constant et stable tout au long de la journée.
- Tous les bénéfices obtenus par la modulation se font pendant les heures de faible consommation. La nuit, la consommation de l'abonné est quasi-nulle. La perte de charge sur le réseau devient nulle également et le niveau de confort de l'abonné peut être abaissé.
- En pratique, la perte de charge sur le réseau en fonction de la consommation peut être mesurée par des enregistreurs de pression pendant les jours de plus forte consommation (exemple: vendredi, samedi).
- toutefois si le compteur est équipé avec un réducteur de pression en partie privative, l'impact de la modulation de pression sera négligeable.

---

## CONCLUSION GENERALE

La gestion des pressions dans les réseaux en eau potable devrait être le but de toute la compagnie des eaux puisqu'elle aboutit à l'efficacité économique et écologique et à un meilleur service à l'endroit des clients.

Cependant les compagnies des eaux ne devraient pas oublier que la gestion de la pression atténue les impacts, sans pour autant éliminer les causes des pertes en eau. C'est pourquoi, la gestion de la pression devrait toujours être perçue comme une composante d'un ensemble de mesures requises pour une réduction réussie et à long terme des pertes en eau.

La gestion de la pression pourrait être un excellent point de départ pour les compagnies des eaux possédant des niveaux élevés de fuites en raison des économies relativement élevées et aux délais de rentabilité courts.

En fin nous souhaitons avoir fait un travail qui peut servir à une étude détaillée sur les systèmes de contrôle de pression dans les réseaux d'AEP, et qu'il soit un guide bibliographique pour les promotions à venir.

## **Bibliographie**

Dupont A, (1979). «Hydraulique Urbaine», Tome II «Ouvrage de transport-Elévation et distribution des eaux». Edition Eyrolles, 74-75-76 p.

Alimentation en Eau Potable -Mahmoud MOUSSA -Professeur à l'E.N.I.T.

Darcy, H (1857).recherches Expérimentales Relatives au Mouvement de d'eau dans les Tuyaux, volumes, 230 pages and atlas.« Experimental Research Relating to the Movement of Water Pipes ».

ONEMA, livre d'office national de l'eau et des milieux aquatique, janvier 2012.

VAG-Armaturen.2009, livre de l'institut de l'eau et l'aménagement des bassins et rivières

SEAAL.2014, Amélioration de la gestion de la distribution d'eau potable, Melle Karima SEBBAGH Ingénieur Chef de Projet Direction de Distribution

Général Water Saving, « Réduire l'eau non contrôlée », Document technique de la SEAAL.Document technique suez environnement 2010.

Walski, Thomas M. (2006), A history of water distribution, journal of the American Water Works Association (American Water Works Association) 98 (3) : 100-102-110

H.Chaudray,(1979). Applied Hydraulic Transients, Von Nostrand Reinhold Co.

E.Monsonyi,(1987) « Water power development » , tome I et II , Akadémiai Kiado Budapest

### **Catalogue des entreprises :**

Document technique de Groupe Chiali.(2005)

Manuel de maintenance (Watts.2011)

Document technique réglementaire 13 mars 2008.

Manuel de l'utilisation EPANET, Lewis A.Rossman (01/09/2003).

Manuel de la Gestion de la pression BAYARD ,2011.

Manuel de maintenance CLAVAL.2010.



**Les mémoires de fin d'études :**

MAHBOUB Abdellatif, « DIAGNOSTIC ET CONCEPTION D'UN RESEAU D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE PAR LA MODULATION DE PRESSION: APPLICATION A L'ETAGE DE BOLOGHINE » Octobre 2011

A.GUESMIA, «Modélisation d'un réseau de distribution d'eau potable en modulation de pression», Mémoire de fin d'études, Ecole National Polytechnique, EL HARRACH, ALGER.2009

B.RAMAROJAONA, «Régulation de pression sur le Réseau d'eau potable de la communauté d'agglomération d'Evry centre Essonne. » Mastère Spécialisé Eau Potable et Assainissement France, Octobre 2009.