

# energir

## Guide de sensibilisation

Entretien des purgeurs de vapeur



## Table des matières

<b>Description et objectifs du guide</b>	<b>8</b>
<b>Qu'est-ce qu'un purgeur de vapeur ?</b>	<b>9</b>
1. Définition et rôle des purgeurs de vapeur	9
2. Description des différentes catégories de purgeurs	10
2.1. Les purgeurs thermostatiques	11
2.2. Les purgeurs thermodynamiques	12
2.3. Les purgeurs mécaniques	13
<b>Pourquoi entretenir ses purgeurs de vapeur ?</b>	<b>14</b>
3. Détérioration des purgeurs	14
3.1. Fuite de vapeur vive	14
3.2. Blocage de l'élimination du condensat	16
3.3. Mauvais dimensionnement d'un purgeur	17
3.4. Autres pertes d'efficacité possibles	18
4. Nécessité des inspections	18
<b>Comment entretenir ses purgeurs de vapeur ?</b>	<b>19</b>
5. Audits des purgeurs de vapeur	19
5.1. Inspection visuelle	19
5.2. Mesure de la température	20
5.3. Méthode des ultrasons	21
5.4. Équipements d'audits : méthodes combinées	22
6. Système de surveillance automatique	22
6.1. Présentation	22
6.2. Capacités et coûts	22
7. Réparation/Remplacement	23
8. Bonnes pratiques	23
<b>Isolation des purgeurs de vapeurs</b>	<b>24</b>
9. Pourquoi isoler ses purgeurs de vapeurs ?	24
10. Comment isoler ses purgeurs de vapeur ?	24
<b>Comptabilisation des pertes d'énergie</b>	<b>25</b>
<b>Cas types</b>	<b>27</b>
11. Petit commerce (environ 15 000 m <sup>3</sup> /an de GN)	28
11.1. Augmentation de la fréquence des audits	28
11.2. Isolation d'un purgeur	29

12. Petit industriel/Commercial moyen (environ 41 500 m <sup>3</sup> /an de GN)	30
12.1. Augmentation de la fréquence des audits	30
12.2. Isolation des purgeurs	31
13. Institutionnel petit/moyen édifice (environ 100 000 m <sup>3</sup> /an de GN)	32
13.1. Augmentation de la fréquence des audits	32
13.2. Isolation des purgeurs	33
14. Grand commercial/industriel (environ 100 000 m <sup>3</sup> /an de GN)	34
14.1. Augmentation de la fréquence des audits	34
14.2. Isolation des purgeurs	35
15. Institutionnel/Industriel grande taille (plus de 1 000 000 m <sup>3</sup> /an de GN)	36
15.1. Augmentation de la fréquence des audits	36
15.2. Isolation des purgeurs	37

## Annexes

<b>Types de purgeurs de vapeurs</b>	<b>38</b>
1. Purgeurs thermostatiques	38
1.1. Purgeur thermostatique à pression équilibrée	38
1.2. Purgeur thermostatique bimétallique	39
2. Purgeurs thermodynamiques	42
2.1. Purgeur thermodynamique à disque	42
2.2. Purgeur thermodynamique à impulsion	43
3. Purgeurs mécaniques	44
3.1. Purgeur mécanique à flotteur fermé	44
3.2. Purgeur mécanique à godet inversé	45
<b>Valeurs de la variable <math>f</math></b>	<b>46</b>
4. Fuites de vapeur sur le nombre total de purgeurs en inventaire	47
5. Fuites de vapeur sur un seul purgeur défectueux	48

<b>Autres états des purgeurs possibles</b>	<b>49</b>
6. Froid, sous-refroidissement	49
7. Purgeur inondé	49
8. Rapid cycling	49
9. Accumulation de saletés	50

## Table des tableaux

Tableau 1 : Taux de défaillance de 7,5 %	47
Tableau 2 : Taux de défaillance de 10 %	47
Tableau 3 : Taux de défaillance de 15 %	47
Tableau 4 : Taux de défaillance de 7,5 %	48
Tableau 5 : Taux de défaillance de 10 %	48
Tableau 6 : Taux de défaillance de 15 %	48

## Table des figures

Figure 1 : Schéma de fonctionnement d'un purgeur de vapeur dans un réseau de vapeur	9
Figure 2 : Schéma de l'intérieur d'un purgeur de vapeur	10
Figure 3 : Schéma d'un purgeur thermostatique à pression équilibrée	11
Figure 4 : Schéma d'un purgeur thermodynamique	12
Figure 5 : Schéma d'un purgeur mécanique à flotteur fermé	13
Figure 6 : Purgeur de vapeur en position ouverte	14
Figure 7 : Purgeur de vapeur en position fermée	16
Figure 8 : Bris de tuyauteries dus à un coup de bélier	17
Figure 9 : Situations observées dans un vaposcope	20
Figure 10 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années	28
Figure 11 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années	28
Figure 12 : Tonnes équivalentes de CO <sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années	29
Figure 13 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années	30
Figure 14 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années	30
Figure 15 : Tonnes équivalentes de CO <sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années	31
Figure 16 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années	32
Figure 17 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années	32
Figure 18 : Tonnes équivalentes de CO <sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années	33
Figure 19 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années	34
Figure 20 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années	34
Figure 21 : Tonnes équivalentes de CO <sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années	35

Figure 22 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années	36
Figure 23 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années	36
Figure 24 : Tonnes équivalentes de CO <sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années	37
Figure 25 : Intérieur d'un purgeur thermostatique à pression équilibrée (Everest Automation)	38
Figure 26 : Processus d'ouverture et fermeture d'un purgeur thermostatique à pression équilibrée (Everest Automation)	39
Figure 27 : Fonctionnement d'un purgeur thermostatique bimétallique	40
Figure 28 : Processus de fonctionnement d'un purgeur thermodynamique à disque (Everest Automation)	42
Figure 29 : Purgeur mécanique à flotteur fermé en position ouverte et fermée	44



## Description et objectifs du guide

Ce guide a été conçu pour sensibiliser les professionnels et les amateurs aux avantages de l'entretien des réseaux de vapeur. Il aborde notamment la description d'un purgeur de vapeur, pourquoi et comment entretenir les purgeurs, et l'isolation thermique de ceux-ci.

En parcourant ce guide, vous acquerrez une compréhension approfondie de l'importance de l'entretien des purgeurs de vapeur et de la manière dont un entretien approprié peut conduire à des économies énergétiques et financières significatives.

Ce guide vous fournira également une base de connaissances et les outils nécessaires pour optimiser l'efficacité de vos systèmes de vapeur.

Merci à nos partenaires Bestobell, Contrôles Laurentide, Conval, Everest Automation, Preston Phipps, Spirax Sarco, et Vaptec pour leur expertise et retours dans le cadre de la rédaction de ce guide.



# Qu'est-ce qu'un purgeur de vapeur ?

## 1. Définition et rôle des purgeurs de vapeur

De nombreux environnements industriels et commerciaux sont aujourd'hui dotés de réseaux de vapeur. Ces derniers sont particulièrement courants dans les installations où la vapeur est utilisée comme source d'énergie pour alimenter les turbines, des moteurs ou des équipements de chauffage ou de refroidissement, etc.

À la suite d'un transfert de chaleur, la vapeur se refroidit et crée du condensat. Les purgeurs sont généralement présents dans tous le réseau de vapeur afin d'évacuer ce condensat, ainsi que des gaz non condensables (l'air par exemple). Tel qu'illustré sur les [Figures 1](#) et [2](#), le condensat, accompagné de vapeur, se rend dans le purgeur qui a pour rôle de n'évacuer que le condensat et les gaz non condensables, afin de maintenir la vapeur dans le réseau. Pour cela, ils sont constitués d'une vanne autonome qui empêche la vapeur vive de s'échapper du réseau, tout en libérant les gaz non condensables et en drainant le condensat qui s'est formé à la suite d'un transfert de chaleur.

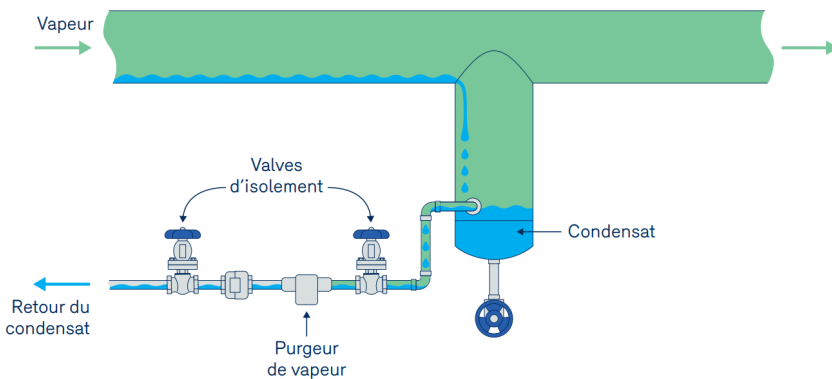


Figure 1 : Schéma de fonctionnement d'un purgeur de vapeur dans un réseau de vapeur

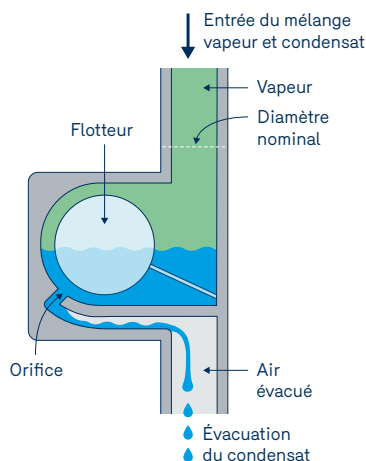


Figure 2 : Schéma de l'intérieur d'un purgeur de vapeur

Le condensat et les gaz non condensables doivent être extraits du réseau de vapeur pour les raisons suivantes :

- Plus la quantité de condensat augmente, plus l'efficacité du réseau de vapeur est réduite. En effet, le condensat peut surcharger les équipements de vapeur (échangeurs, table chauffante, etc.) et créer une couche isolante entre la vapeur et la paroi de l'équipement;
- La présence de condensat dans le réseau peut occasionner des phénomènes pouvant endommager prématurément la tuyauterie, tels que des coups de bélier (voir la section [3. Détérioration des purgeurs](#) pour davantage d'informations);
- Le mélange de condensat et de gaz non condensables est corrosif pour la tuyauterie, ce qui réduit sa durée de vie.

Les purgeurs permettent donc de maintenir les réseaux de vapeurs en bon état et d'optimiser leur efficacité.

## 2. Description des différentes catégories de purgeurs

Il existe trois catégories de purgeurs de vapeur adaptés pour les diverses applications vapeur d'un réseau de vapeur. Les différentes catégories et utilisations sont décrites ci-dessous.

**N. B. :** Chaque catégorie comprend différents types de purgeur utilisant divers systèmes permettant d'évacuer le condensat en fonction de l'application du purgeur avec la meilleure efficacité possible. Ces types sont décrits plus en détail dans les annexes de ce guide ([Types de purgeurs de vapeurs](#)).

## 2.1. Les purgeurs thermostatiques

Les purgeurs thermostatiques ([Figure 3](#)) utilisent les changements de température pour distinguer le condensat de la vapeur et ainsi l'évacuer.

Dans les contextes où l'utilisation d'une portion de l'énergie du condensat est avantageuse (le traçage de mise hors gel par exemple<sup>1</sup>), opter pour un purgeur thermostatique représente une solution optimale. Ce dernier s'active uniquement lorsque la température chute en dessous de celle de condensation de la vapeur saturée, permettant ainsi une utilisation énergétique partielle de la chaleur du condensat avant son évacuation. Cette approche réduit ainsi les pertes dues à la revaporisation, contribuant à la diminution des coûts énergétiques du réseau de vapeur ([Spirax Sarco](#)).



Pour en savoir davantage sur les divers types de purgeurs thermostatiques, veuillez vous référer à l'annexe [1. Purgeurs thermostatiques](#).

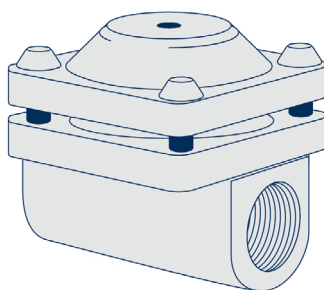


Figure 3 : Schéma d'un purgeur thermostatique à pression équilibrée

### Attention

Ces purgeurs ne doivent pas être isolés thermiquement (voir la section [Isolation des purgeurs de vapeurs](#)).



<sup>1</sup> Le traçage de mise hors gel consiste à installer des câbles chauffants le long des conduites et des équipements pour prévenir le gel. Le condensat servira alors pour chauffer les câbles grâce à un échange de chaleur par échangeur.

## 2.2. Les purgeurs thermodynamiques

Les purgeurs thermodynamiques ([Figure 4](#)) utilisent la différence d'énergie cinétique entre le condensat et la vapeur pour actionner une vanne.

En raison de leur simplicité, de leur durabilité et de leur résistance, les purgeurs thermodynamiques sont la solution privilégiée pour la purge des conduites principales du réseau de vapeur. Malgré leur taille compacte, ils présentent une capacité d'évacuation de condensats élevée. De plus, leur fabrication entièrement en acier inoxydable les rend fortement résistants à la corrosion ([Spirax Sarco](#)).



Pour en savoir davantage sur les divers types de purgeurs thermodynamiques, veuillez vous référer à l'annexe [2. Purgeurs thermodynamiques](#).

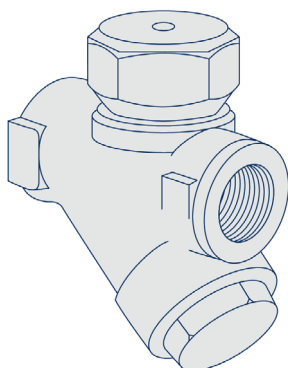


Figure 4 : Schéma d'un purgeur thermodynamique

### Attention

Ces purgeurs ne doivent pas être isolés thermiquement (voir la section [Isolation des purgeurs de vapeurs](#)).

### 2.3. Les purgeurs mécaniques

Les purgeurs mécaniques ([Figure 5](#)) utilisent la différence de densité entre la vapeur et le condensat pour engendrer un changement de position du flotteur ou d'un sceau. Ce mouvement ouvre ou ferme la vanne qui permet de libérer le condensat. Contrairement aux purgeurs thermostatiques et thermodynamiques, ils ne sont pas affectés par des facteurs externes tels que la pluie, le vent ou même l'isolation thermique ([TLV, s.d.](#)).

Pour des applications nécessitant une élimination immédiate du condensat (stérilisation d'équipements médicaux par exemple), les purgeurs mécaniques s'avèrent être le choix optimal. Ils offrent de plus une protection contre les variations de température qui pourrait altérer le produit.



Pour en savoir davantage sur les divers types de purgeurs mécaniques, veuillez vous référer à l'annexe [3. Purgeurs mécaniques.](#)

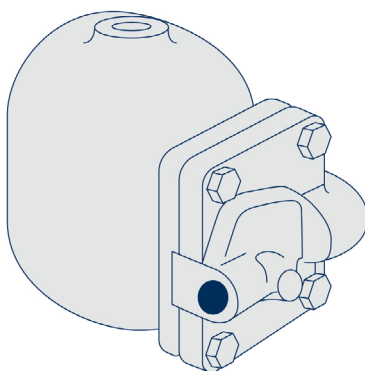


Figure 5 : Schéma d'un purgeur mécanique à flotteur fermé

# Pourquoi entretenir ses purgeurs de vapeur ?

## 3. Détérioration des purgeurs

Les purgeurs ont une durée de vie de 5 à 6 ans en moyenne ([DNV GL, 2013](#)), soit un taux de défectuosité annuel entre 15 % et 20 %. Les purgeurs de vapeurs sont défaillants notamment lorsqu'ils laissent échapper de la vapeur vive (défaillance en position ouverte) ou bloquent l'élimination du condensat (défaillance en position fermée).

Il existe d'autres types de défaillances que l'on peut trouver dans la littérature, détaillées en annexes de ce guide ([Autres états des purgeurs possibles](#)).

### 3.1. Fuite de vapeur vive

Une fuite de vapeur vive dans un purgeur se produit lorsque de la vapeur à haute pression s'échappe du purgeur au lieu de se condenser et d'être évacuée sous forme de condensat. Lorsqu'un purgeur fonctionne correctement, le clapet ou la vanne du purgeur reste fermé lorsque de la vapeur vive est présente et s'ouvre pour ne laisser s'évacuer que le condensat. Cependant, en cas de fuite, le clapet ou la vanne reste ouvert même lorsque de la vapeur vive est présente. Cette dernière va alors s'échapper du système. Il s'agit alors de **défaillance en position ouverte**. La [Figure 6](#) illustre une vanne en position ouverte.

Cette défaillance engendre donc des pertes de vapeur dans le réseau, augmentant alors la consommation énergétique. La quantité d'eau d'appoint et le traitement chimique nécessaires augmentent également avec les pertes.

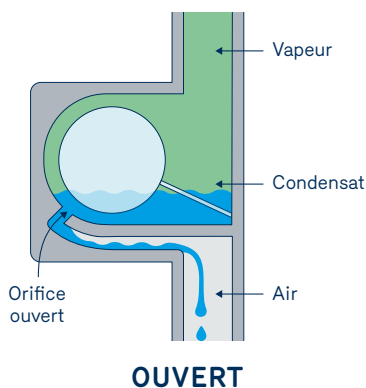


Figure 6 : Purgeur de vapeur en position ouverte

Les fuites de gaz naturel relatives à un purgeur de vapeur défaillant en position ouverte peuvent être calculées à l'aide de l'équation de Napier ([Emerson, 2014](#)) :

$$\text{Fuites de vapeur} \left( \frac{\text{lb}}{\text{hr}} \right) = 24.24 \times P_g \times D^2$$

Celle-ci dépend alors de :

- $P_g$  : pression absolue ( $P_g + P_{atm}$ ) en psia;
- $P_{atm}$  : pression atmosphérique en psi;
- $P_g$  : pression du réseau de vapeur (à la gauge) en psig;
- D : diamètre de l'orifice du purgeur en pouce;

**N. B. :** Cette équation est valable pour des purgeurs **non** reliés à un réseau de condensat pressurisé (dont la pression est différente de celle de la pression atmosphérique).

Certains facteurs peuvent également être considérés afin de prendre en compte la différence entre les fuites théoriques et les fuites réelles. Ceux-ci sont alors :

- Un premier facteur qui tient compte du fait que les purgeurs ne brisent pas tous en position 100 % ouverte (le diamètre de l'orifice est donc réduit par un facteur 0,5);
- Un deuxième facteur 0,5 tenant compte du fait que la valeur réelle de fuite serait entre 10 et 100 % de la valeur théorique<sup>2</sup>. Les pertes de vapeur par un purgeur peuvent être réduites pour diverses raisons :
  - L'écoulement de vapeur théorique maximal dans un réseau est généralement inférieur à l'écoulement de vapeur réel;
  - Il n'y a pas que de la vapeur qui sort par l'orifice du purgeur, mais plutôt un mélange de vapeur et de condensat;
  - La pression au purgeur peut diminuer dans les réseaux à charge variable;
- Une variable  $f$  qui prend en considération la durée durant laquelle un purgeur défectueux reste défaillant avant d'être remplacé ou réparé, le taux de purgeurs défectueux par an et le fait que 75 % des purgeurs brisent en position ouverte (les autres brisent en position fermée). Voir en annexe ([Valeurs de la variable f](#)) les diverses valeurs que peut prendre la variable  $f$  en fonction des hypothèses prises<sup>3</sup>.

<sup>2</sup> Selon le U.S. Department of Energy (U.S. Department of Energy, 2005)

<sup>3</sup> Ces valeurs ont été estimées par l'équipe efficacité énergétique d'Énergir en s'appuyant sur diverses sources et expertises.

Afin de prendre en compte ces phénomènes, l'équation de Napier peut alors être modifiée de la façon suivante :

$$\text{Fuites de vapeur (lb/hr)} = 24.24 \times P_o \times (D \times 0,5)^2 \times 0.5 \times f$$

### 3.2. Blocage de l'élimination du condensat

La défaillance liée au blocage de l'élimination du condensat se produit lorsque le clapet ou la vanne reste fermé même lorsque du condensat est présent et doit être évacué. Il s'agit alors d'une **défaillance en position fermée**. La [Figure 7](#) illustre une vanne en position fermée.

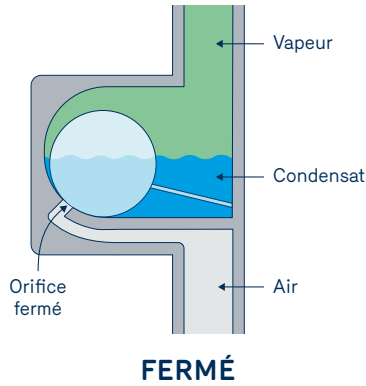


Figure 7 : Purgeur de vapeur en position fermée

Ce blocage peut également être dû en raison d'une obstruction dans le purgeur de vapeur (particules solides, bouchon de vapeur, blocage d'air, etc.).



Cette défaillance peut entraîner les conséquences suivantes :

- Risque de provoquer un **coup de bélier** : si le condensat n'est pas éliminé, une accumulation d'eau se forme dans le réseau. En raison de la vitesse de sa circulation, le condensat accumule une importante énergie cinétique et peut alors créer une surpression qui se propage dans la conduite et l'endommager comme on peut le voir sur la [Figure 8](#). Les coups de bélier peuvent également compromettre la sécurité du personnel se trouvant à proximité du réseau de vapeur, notamment en cas de bris majeur.
- Échange de chaleur non uniforme : ce phénomène augmente le temps nécessaire pour obtenir la température souhaitée.

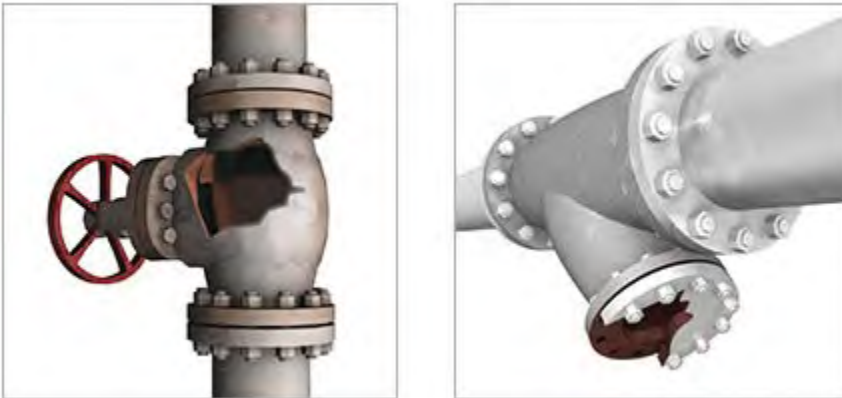


Figure 8 : Bris de tuyauteries dus à un coup de bélier, © TLV CO. LTD

Il est ainsi **impératif** de détecter au plus tôt ces défaillances afin de prévenir toutes pertes d'énergie et/ou de détérioration du réseau de vapeur.

### 3.3. Mauvais dimensionnement d'un purgeur

Le dimensionnement repose sur le débit de condensat à gérer par celui-ci et constitue une étape essentielle afin de choisir le purgeur adapté dans le réseau de vapeur.

En effet, même si un purgeur n'est pas endommagé, des pertes importantes de vapeur et d'énergie peuvent survenir si son dimensionnement n'a pas été bien calculé :

- Un purgeur surdimensionné ne peut pas fonctionner efficacement, entraînant un gaspillage excessif de vapeur et des coûts énergétiques plus élevés;
- Un purgeur sous-dimensionné ne peut pas évacuer correctement le condensat, causant des fuites de vapeur à travers le purgeur. De plus, une mauvaise évacuation du condensat peut également entraîner un

engorgement du réseau de vapeur, induisant des vitesses très élevées. Cela augmente donc le risque de coup de bélier dans les tuyauteries ainsi que de l'érosion/abrasion pouvant amincir les parois des tuyaux jusqu'à les percer, typiquement dans les coudes. Par ailleurs, si le purgeur est constamment surchargé en raison d'un mauvais dimensionnement, il peut s'user plus rapidement. Cela peut nécessiter des réparations fréquentes ou un remplacement prématuré du purgeur.

Il est également important de noter que la vapeur se condense plus rapidement au démarrage lorsque le système est froid. C'est pourquoi il est courant de dimensionner les purgeurs en multipliant le débit de condensat par un coefficient appelé **facteur de sécurité** ([Spirax Sarco, 2011](#)). Ce calcul permet donc de prévoir une marge de sécurité pour le système pour éviter tout problème si le débit réel dépasse les estimations. Ce facteur varie entre 1.5 et 5 en fonction du type de purgeur utilisé ([TLV, s.d.](#)).

### 3.4. Autres pertes d'efficacité possibles

Les défaillances citées ci-dessus ne constituent pas les seules pertes d'efficacité que peut rencontrer un purgeur. Il est également important d'identifier les petites fuites et de s'assurer que le purgeur est correctement installé. Cela implique de vérifier les conditions de pression et de températures, et de vérifier si le purgeur a été installé selon les instructions du fabricant.

## 4. Nécessité des inspections

Avec un **taux de défektivité d'environ 15 %** par an, les pertes énergétiques dues aux purgeurs de vapeur défectueux augmentent très rapidement. En effet, l'efficacité globale du réseau est affectée négativement par les fuites de vapeur et une accumulation du condensat, ce qui génère d'importantes pertes énergétiques et financières (voir la section [Cas types](#) pour plus de détails sur ce point). Avec un PRI (Période de Retour sur l'Investissement) typiquement estimé à moins d'un an, il est donc rapidement avantageux de minimiser ces pertes énergétiques et économiques en entretenant ses réseaux de vapeur.

D'autre part, il est important de noter que les défaillances des purgeurs mentionnées précédemment peuvent entraîner des conséquences sur d'autres équipements au fil du temps et causer des dommages irréversibles et onéreux sur le réseau (corrosion, coup de bélier, etc.) ([Faster Capital, 2024](#)).

Ainsi les détériorations des purgeurs de vapeur, trop souvent négligées, représentent des opportunités pour réduire sa consommation énergétique et ses dépenses économiques.

## Comment entretenir ses purgeurs de vapeur ?

Cette section traitera de l'entretien des réseaux de vapeur en définissant les deux manières d'inspecter ses purgeurs de vapeurs : soit par la réalisation d'audits, soit par l'utilisation d'un système de surveillance automatique.

### 5. Audits des purgeurs de vapeur

Dans un premier temps, un audit est une façon de poser un diagnostic sur l'état de fonctionnement des purgeurs de vapeur d'un réseau. En fonction de la pression opérant dans le réseau de vapeur, il est recommandé d'effectuer des audits à des fréquences plus ou moins importantes. En effet, à des pressions plus élevées, les purgeurs de vapeurs sont soumis à des contraintes accrues, ce qui augmente le risque d'accumulation de condensat et de blocages.

Selon le distributeur de gaz britannique National Grid ([National Grid, 2013](#)), il est recommandé d'adopter les fréquences suivantes<sup>4</sup> :

- Une fois par année pour les réseaux basse pression (< 30 psig);
- Deux fois par année pour les réseaux moyenne pression (30 à 100 psig);
- Trois fois par année pour les réseaux haute pression (100 à 250 psig);
- Six fois par année pour les réseaux très haute pression (> 250 psig).

**N. B. :** Un audit à ces fréquences ne permet pas d'obtenir un réseau 100 % sans faille, mais permet de réduire drastiquement la durée pendant laquelle les purgeurs vont être défectueux.

Il existe différentes technologies et méthodes permettant de vérifier l'état d'un purgeur de vapeur utilisées par les réalisateurs d'audits. Celles-ci sont décrites dans les sous-sections qui suivent.

#### 5.1. Inspection visuelle

L'inspection visuelle permet de faire une première analyse du fonctionnement du purgeur. Cette méthode permet en effet de déterminer les conditions suivantes :

- Écoulement continu de vapeur ou état de défaillance ouvert;
- Fuite grave de vapeur;
- Sous-dimensionnement.

.....  
<sup>4</sup> [Steam Traps 101 \(nationalgridus.com\)](#)

Il existe cependant des inconvénients liés à cette méthode. En effet, le diagnostic visuel est limité à l'inspection des systèmes ouverts et des préoccupations en matière de sécurité existent en raison de la libération de vapeur chaude dans l'atmosphère pendant la phase de test. De plus, l'inspecteur doit également être en mesure de distinguer la différence entre la vapeur vive<sup>5</sup> et la vapeur soufflée<sup>6</sup> afin de poser le bon diagnostic (TLV, s.d.).

Par ailleurs, il existe un équipement appelé vaposcope (Everest Automation, 2024) pouvant être installé sur les purgeurs de vapeur afin de voir l'intérieur du purgeur. Cela permet donc de détecter certaines défaillances telles qu'un purgeur inondé ou une fuite de vapeur, tel que l'on peut le voir sur la [Figure 9](#).

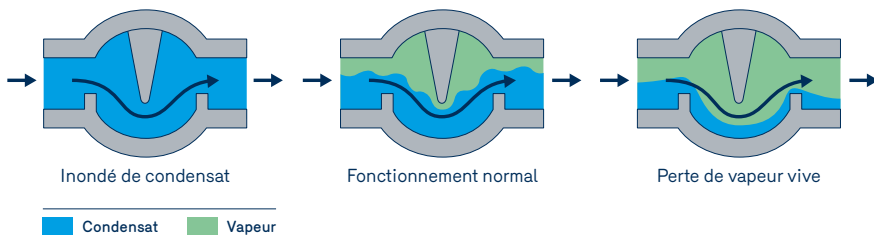


Figure 9 : Situations observées dans un vaposcope Bitherm

## 5.2. Mesure de la température

Des mesures de la température du système de purgeur doivent faire partie intégrante d'un audit. En effet, la mesure de température peut fournir des informations de base qui ne seraient pas disponibles autrement. Les mesures de température doivent être prises en amont et en aval du purgeur pour déterminer la pression de vapeur à l'entrée et la contre-pression dans la ligne de condensat. Celles-ci permettront d'estimer la fuite de vapeur si le purgeur est défaillant ([Paffel, Best practices for testing steam traps, 2011](#)).

La mesure de la température est très utile pour déterminer si un purgeur est bloqué ou si sa capacité est insuffisante en raison du reflux du condensat qui va alors faire baisser la température en aval du purgeur. Cependant, utiliser uniquement des mesures de températures pour déterminer si un purgeur de vapeur présente des fuites peut mener à une analyse erronée. En effet, à température élevée, le condensat se revaporise lorsqu'il est introduit dans un système avec une pression inférieure. Comme la température de la vapeur de revaporisation est identique à celle de la

.....

<sup>5</sup> Se produit lorsqu'une eau à haute pression est libérée brusquement à la pression plus basse, entraînant une transformation instantanée de l'eau en vapeur.

<sup>6</sup> Se produit lorsque de la vapeur est expulsée d'un système à une pression plus élevée, généralement lors d'une purge ou d'un dégazage.

vapeur vive qui fuit, il n'est pas possible de faire la différence entre une fuite de vapeur et une décharge de condensat régulière seulement en mesurant la température ([Paffel, Methods for testing steam trap stations, 2020](#)).

Il existe également des dispositifs de tests infrarouges. Cette analyse permet de localiser tous les défauts de calorifuge et d'évaluer les pertes totales de chaleur par déperdition calorifique, mais aussi de détecter des vannes en fuites, des soupapes de sécurité ouvertes, etc. ([Paffel, Methods for testing steam trap stations, 2020](#)).

Ainsi, l'analyse de la température est essentielle puisqu'elle permet de récolter des informations précieuses et indiquer si un purgeur est bloqué ou de capacité insuffisante. Elle ne permet cependant pas de détecter toutes les anomalies possibles telles que les fuites.

### **5.3. Méthode des ultrasons**

La vapeur étant un gaz, il se produit, lors de son déplacement dans les tuyauteries et les purgeurs de vapeur, un écoulement turbulent. La capacité de la technologie ultrasonore à détecter les turbulences, même dans les tuyaux de diamètre important, en fait un outil indispensable lorsqu'il s'agit de trouver les purgeurs de vapeur défectueux ou en panne ([SDT Ultrasound solutions, s.d.](#)).

Un détecteur ultrason permet d'entendre les sons caractéristiques suivants :

- L'ouverture et la fermeture du purgeur de vapeur;
- Le silence quand le purgeur de vapeur est bloqué en position fermée;
- Un écoulement turbulent quand le purgeur est bloqué en position ouverte;
- Un claquement quand le système mécanique du purgeur de vapeur alterne entre les positions ouvertes et fermées.

La principale difficulté lors de l'utilisation d'ultrasons à haute fréquence est de régler la sensibilité pour effectuer le test. En effet, si l'instrument de test est réglé avec une sensibilité trop élevée, tous les purgeurs de vapeur seront vus comme défectueux et, à l'inverse, utiliser une sensibilité trop faible indiquera que tous les purgeurs sont en bon état. La bonne sensibilité doit alors être identifiée à l'aide d'une méthode de comparaison faite sur le terrain : elle utilise trois points de test ou plus autour du purgeur de vapeur. Ces points de test sont placés en amont et en aval du purgeur, ainsi qu'au niveau du refoulement du purgeur. Cette méthode permet alors à l'auditeur d'établir une lecture de référence pour filtrer tous les ultrasons concurrents qui peuvent être générés en amont et/ou en aval du purgeur (bruits parasites par exemple) ([Paffel, Methods for testing steam trap stations, 2020](#)).

Ainsi, couplé avec la mesure de température, l'équipement de test ultrasonore offre des diagnostics très polyvalents et complets. Il faut cependant savoir régler la sensibilité de l'appareil et être capable de distinguer les sons caractéristiques de chaque dysfonctionnement.

#### **5.4. Équipements d'audits : méthodes combinées**

Tel que vu précédemment, il est courant d'utiliser une combinaison de méthodes de test. C'est pourquoi les auditeurs utilisent aujourd'hui plusieurs équipements de mesures afin de déterminer la température et les sons caractéristiques des purgeurs. Les auditeurs analysent ensuite ces données et déterminent si le purgeur est défaillant ou non.

Il existe également des appareils de mesure automatisés qui collectent des données (pression, température, mesures ultrasoniques) à l'aide d'une sonde au contact du purgeur et déterminent automatiquement si le purgeur est défectueux. Pour ce faire, l'appareil de mesure compare les données obtenues aux données propres du modèle spécifique (dans la mémoire de l'appareil) et la performance du purgeur peut ainsi être analysée.

## **6. Système de surveillance automatique**

### **6.1. Présentation**

Plusieurs entreprises offrent à présent des systèmes de surveillance automatique pour les purgeurs de vapeurs. Ces systèmes sont conçus pour mesurer la performance des purgeurs de vapeur et émettre en temps réel des alertes dès qu'un purgeur présente une défaillance, en fournissant également des informations sur le type de défaillance. Ils fonctionnent généralement sur des batteries longue durée et envoient les informations via le réseau au logiciel de contrôle qui va pouvoir ensuite les analyser.

Ces systèmes permettraient donc de réduire les pertes de vapeur et d'énergie sur le réseau puisque les fuites potentielles sont rapidement détectées et peuvent être traitées en conséquence.

### **6.2. Capacités et coûts**

Étant surveillés en continu, les purgeurs dotés de cette technologie sont dispensés d'audit. Cependant, il est à noter que ces systèmes, comme tout matériel, sont susceptibles de faillir et de ne plus détecter correctement les défaillances. Dans l'éventualité où un tel scénario se produirait, il serait donc important de réaliser un entretien minimal afin de s'assurer de la fiabilité de tels systèmes.

Par ailleurs, les systèmes de surveillance automatique représentent un coût important à l'achat et à l'implantation. C'est pourquoi certains fournisseurs proposent la location du système, ce qui permet d'autre part de toujours avoir la version la plus à jour du système. De plus, un réseau composé de

plusieurs centaines de purgeurs représenterait des coûts importants d'implantation sur l'ensemble du réseau. Il est donc recommandé d'installer ces systèmes sur les purgeurs difficiles d'accès ou comportant un gros orifice (ces deux catégories étant plus dispendieuses à auditer).

## 7. Réparation/Remplacement

À la suite du diagnostic sur les divers purgeurs de vapeur posé durant l'audit ou par l'utilisation d'un système de surveillance automatique, la réparation ou le remplacement des purgeurs défectueux dans un délai minimal est impératif pour garantir une efficacité énergétique optimale, éviter les pertes de chaleur inutiles et maintenir la fiabilité du système de vapeur.

## 8. Bonnes pratiques

Afin de prévenir les défaillances des purgeurs, il est également possible, hors des périodes d'audits, de prêter attention à quelques détails qui pourraient déjà indiquer une défectuosité ([Faster Capital, 2024](#)) :

- **Mesure de la pression** : un coup d'œil régulier au niveau de pression lorsque cela est possible peut indiquer que le purgeur ne fonctionne plus correctement, en particulier lorsque la pression diminue.
- **Détection des coups de bélier** : si les employés sont sensibilisés et formés aux bruits caractéristiques des coups de bélier, cela permettra de déceler au plus tôt un problème sous-jacent, résoudre le problème si cela est possible et ainsi éviter tout dommage supplémentaire à la tuyauterie. Le bruit d'un coup de bélier est similaire à un cognement dans la tuyauterie. [Démonstration coup de bélier \(youtube.com\)](#)
- **Mesure des niveaux de condensat dans le système** : des niveaux trop élevés indiquent une accumulation de condensat dans le système et par conséquent une vapeur gorgée d'eau qui peut provoquer des détériorations et une perte d'efficacité.
- **Augmentation de la consommation d'énergie** : surveiller sa consommation et la comparer aux enregistrements précédents peut aider à identifier tout problème. Une augmentation de la consommation n'indique pas nécessairement des bris au niveau des purgeurs mais il s'agit tout de même d'une cause à considérer.
- **Fuite de vapeur** : il est important pour les agents travaillant à proximité des réseaux de vapeurs d'être vigilants aux fuites de vapeur provenant des purgeurs ou de tout autre composant du système. En effet, en plus de provoquer une perte d'efficacité, celles-ci peuvent également être dangereuses pour le personnel et endommager les équipements environnants.

Ainsi, une formation afin de sensibiliser les employés travaillant à proximité des réseaux de vapeur peut s'avérer extrêmement bénéfique, tant du point de vue de l'efficacité énergétique des appareils, mais aussi pour la sécurité de tous.

## Isolation des purgeurs de vapeurs

### 9. Pourquoi isoler ses purgeurs de vapeurs ?

L'isolation des purgeurs de vapeur permet de limiter les pertes d'énergie par radiation. Cela comporte plusieurs avantages ([Paffel, Why is insulation important in steam system thermal-cycle efficiency?, s.d.](#)) :

- **Renforcement de la sécurité** : l'isolation des purgeurs permet d'assurer une plus grande sécurité pour les agents travaillant proches de ces surfaces chaudes et de diminuer les effets négatifs sur la santé, tels que le stress thermique.
- **Limitation des pertes thermiques** : des purgeurs de vapeurs non isolés vont engendrer des pertes thermiques importantes et ainsi générer davantage de condensat. Par conséquent, ce dernier sera en plus grande quantité dans le réseau de vapeur, réduisant alors la qualité de la vapeur<sup>7</sup> et la performance du système.

**Exemple** : pour une conduite de 1 po de diamètre dans un réseau de vapeur de 150 psig de 100 pieds : les pertes thermiques sont estimées à **285 millions de BTU/an**, soit une perte de 8 928 m<sup>3</sup>/an (*US department of energy, s.d.*).

Pour davantage d'exemples : se référer à la section [Cas types](#).

### 10. Comment isoler ses purgeurs de vapeur ?

Il est important de noter dans un premier temps que, étant donné le besoin régulier d'entretien des purgeurs, il est essentiel de choisir des équipements d'isolation amovible afin de garder un accès simplifié aux purgeurs.

Dans un second temps, **tous les types de purgeurs ne peuvent pas être isolés en raison de leur principe de fonctionnement**. Voici les types de purgeurs ne devant pas être isolés et pourquoi ([Thermaxx Jackets, 2021](#)) :

- **Purgeurs thermostatiques** : ces purgeurs fonctionnent en ouvrant la vanne en fonction de la différence de température entre la vapeur et le condensat. S'ils sont isolés, le condensat mettra davantage de temps à refroidir et la vanne s'ouvrira moins fréquemment provoquant une accumulation de condensat et donc des bris à la tuyauterie.

.....  
<sup>7</sup> La qualité de la vapeur est la proportion de vapeur saturée dans un mélange condensat/vapeur.



- **Purgeurs thermodynamiques** : ces purgeurs fonctionnent de manière similaire, mais ils opèrent en fonction des différences de pression au lieu de température. L'isolation de tels purgeurs aura donc les mêmes effets néfastes que pour les purgeurs thermostatiques.

Les purgeurs pouvant alors être isolés sans dysfonctionnement sont donc les purgeurs mécaniques.

Finalement, les instructions générales pour isoler ses purgeurs sont les suivantes<sup>8</sup> ([Paffel, Why is insulation important in steam system thermal-cycle efficiency?, s.d.](#)) :

- Les tuyaux de diamètre entre 0 et 5 cm nécessitent un minimum de 3,8 cm d'isolation.
- Les tuyaux de diamètre entre 5 cm et 20,32 cm nécessitent un minimum de 5 cm d'isolation.
- Les tuyaux de diamètre supérieur à 20,32 cm nécessitent un minimum de 8,8 cm d'isolation.

Il est cependant important de se référer à un professionnel avant de procéder à l'isolation des purgeurs de vapeur afin d'assurer une installation sans conséquences.

## Comptabilisation des pertes d'énergie

Cette section présente les différentes étapes afin de comptabiliser les pertes d'énergie dues aux purgeurs de vapeur sur une année en fonction de plusieurs paramètres.

**Afin de rendre la démarche plus éloquente, chaque étape sera regardée pour un site industriel comportant 400 purgeurs de vapeur (sans réseau de condensat associé) et l'étude énergétique portera sur l'ensemble du réseau de vapeur.**

### Étape 1 : définir les hypothèses de l'étude

- Étude sur un ou le nombre total de purgeur
- Taux de défaillance considéré.
- L'étude énergétique porte-t-elle sur l'ensemble du réseau ou sur un seul purgeur de vapeur ?

.....  
<sup>8</sup> Ces dimensions sont générales et restent à confirmer avec votre fournisseur d'isolant.

## Étape 2 : renseigner les paramètres suivants :

- Pression du réseau de vapeur (à la gauge)  $P_g$  en psig qui permettra alors de déterminer la pression absolue  $P_o = P_g + P_{atm}$ <sup>9</sup>.
- Diamètre de l'orifice du ou des purgeurs  $D$ ;
- Nombres d'heures d'opérations du ou des purgeurs  $h_r$ ;
- Fréquence actuelle d'audit et de remplacement/réparation (afin de renseigner par la suite la variable  $f$  proposé par Énergir, choisir entre l'unes des fréquences suivantes : une fois tous les 4 ans, une fois par an, deux fois par an, 3 fois par an, ou système de surveillance automatique).

**Remarque :** si l'étude porte sur l'ensemble du réseau : considérer les valeurs moyennes pour le diamètre, la pression et le nombre d'heures d'opérations.

Par la suite, et à partir de ces paramètres, il est possible de déterminer la variable  $f$ . Cette dernière prend en compte le taux de défaillance des purgeurs, le taux des purgeurs brisant en position ouverte et la durée durant laquelle les purgeurs sont défectueux. Voir l'annexe [Valeurs de la variable f](#).

**Remarque :** afin d'être conservateur dans le calcul des économies de gaz naturel (et donc d'énergie), Énergir a considéré un taux de défaillance de 7,5 % (durée de vie de plus de 13 ans) pour calculer la variable  $f$ .

Voici les paramètres dans le cas de notre exemple :

Nombre de purgeurs $n$	$P_g$ (en psig)	$D$ (en po)	$h_r$	Fréquence d'audit	$f$
400	95	0,14	7 480	1 fois/an	2,8 %

## Étape 3 : appliquer la formule adaptée au cas d'étude :

- Pour un seul purgeur de vapeur :  
 $Fuites\ de\ vapeur\ (lb/an) = 24,24 \times P_o \times (D \times 0.5)^2 \times 0.5 \times f \times h_r$
- Pour l'ensemble du réseau de vapeur, en notant  $n$  le nombre de purgeurs de vapeur dans le réseau :  
 $Fuites\ de\ vapeur\ (lb/an) = 24,24 \times P_o \times (D \times 0.5)^2 \times 0.5 \times f \times n \times h_r$

Dans notre cas, où le calcul est sur tout le réseau de vapeur :

$$\begin{aligned} Fuites\ de\ vapeur\ (lb/an) &= 24,24 \times (95 + 14,6) \times (0,14 \times 0.5)^2 \times 0.5 \times 2,8 \times 400 \times 7\ 480 \\ &= 54\ 529\ 168 \end{aligned}$$

<sup>9</sup>  $P_{atm} = 101,3\ kPa = 14,6\ psig$  dans les conditions de température ambiante et pression normale.

## Cas types

Cette section se concentre sur 5 différents cas types montrant les économies de gaz naturel et financières pouvant être faites en augmentant la fréquence des audits<sup>10</sup>, ainsi qu'une présentation des économies pouvant être réalisées en isolant les purgeurs.

Les cas types sont les suivants :

Type de structure	Nombre purgeurs	Nombres d'heures	Pression	Pression à la gauge	Diamètre réduit <sup>12</sup> de l'orifice	Consommation moyenne
		opérations annuelles <sup>11</sup>		valeur en psig	po	m <sup>3</sup> /an
Petit commerce	53	2 425	Basse	15	0,025	15 000 - 41 500
Petit industriel/ commercial moyen	213	2 425	Moyenne	50	0,0375	41 500 - 100 000
Institutionnel petit/ moyen édifice	320	7 752	Moyenne	50	0,05	100 000 - 1 000 000
Commercial/ industriel grande taille	453	7 752	Haute	100	0,05	100 000 - 1 000 000
Institutionnel grande taille	604	7 752	Haute	100	0,05	> 1 000 000

**Note 1 :** il est considéré ici que les réseaux de vapeur des cas types fonctionnent à 100 % au gaz naturel. De plus, les prix utilisés pour les économies sont des prix moyens basés sur la base de données d'Énergir pour chaque catégorie de client (selon sa consommation moyenne).

**Note 2 :** les diamètres des conduites choisis pour calculer les économies liées à l'isolation des purgeurs de vapeur varient généralement entre 0.5 et 1 pouce. Afin d'être conservateurs dans la démarche, les calculs ont été réalisés avec un diamètre de 0.5 pouce dans ce guide.

Pour chaque cas type est présenté les pertes en GN sur 4 ans, les pertes financières cumulatives, ainsi que les tonnes équivalent CO<sub>2</sub> émises selon chaque scénario.

.....

<sup>10</sup> Les calculs ont été réalisés à partir de la formule donnée à la section [3.1 Fuite de vapeur vive](#)

<sup>11</sup> [Steam Trap Phase 1 Clean Report FINAL \(ma-eeac.org\)](#)

<sup>12</sup> « Réduit » pour considérer que le purgeur n'est pas brisé en position 100 %

## 11. Petit commerce (environ 15 000 m<sup>3</sup>/an de GN)

### 11.1. Augmentation de la fréquence des audits

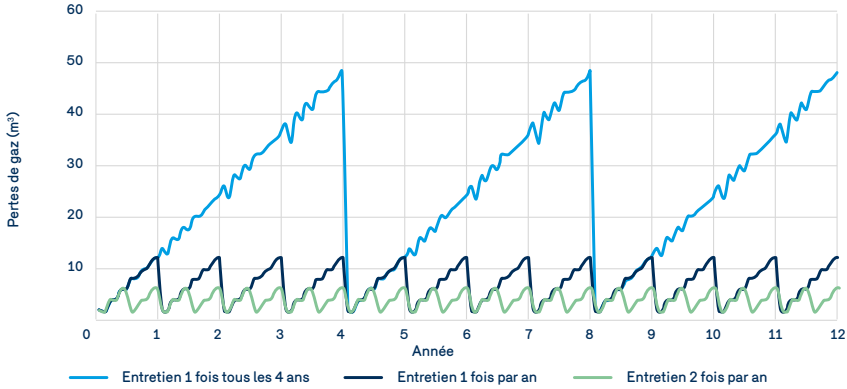


Figure 10 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années

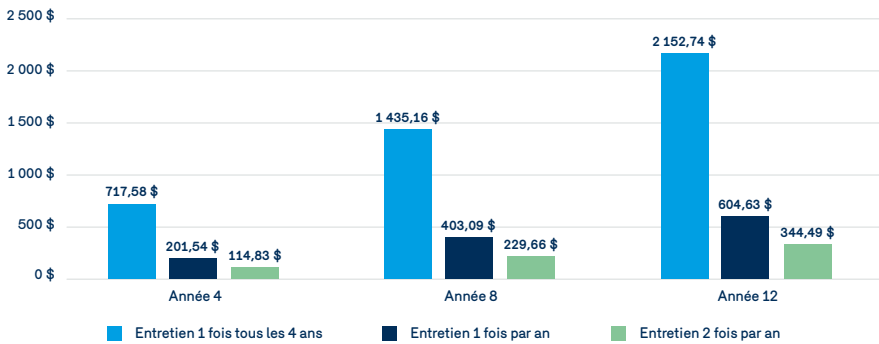


Figure 11 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années

Tel que l'on peut le voir sur la [Figure 10](#) et la [Figure 11](#), effectuer un audit chaque année au lieu de tous les 4 ans permet de diminuer près de **3.5 fois sa consommation de gaz naturel** aux 4 ans et d'**économiser plus de 1 500 \$** en 12 ans.

Il est également primordial aujourd'hui de visualiser le point de vue environnemental de telles pertes. En effet, avec environ 2 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de gaz naturel consommé, il serait possible d'éviter l'émission de plus de **5 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>** en 12 ans ([Figure 12](#)).

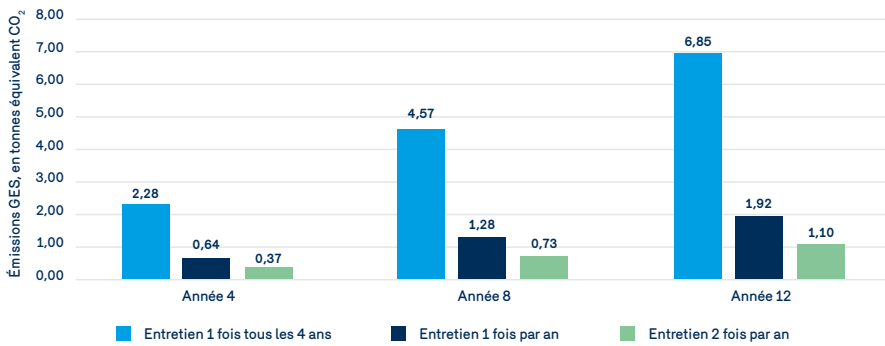


Figure 12 : Tonnes équivalentes de CO<sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années

### 5 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> c'est aussi :



**200 km parcourus**  
en voiture à essence<sup>13</sup>



Les émissions  
de **0.5 Québécois**  
sur 1 an<sup>14</sup>



**794 repas** avec de la viande rouge et  
**9 804 repas** végétariens<sup>15</sup>

## 11.2. Isolation d'un purgeur

Cette section présente les économies de gaz naturel et financières pouvant être réalisées en isolant un purgeur de vapeur intérieur, extérieur pour le CVAC ou extérieur pour le procédé qui fonctionne 100 % au gaz naturel. Le diamètre de la conduite a été supposé de 0,75 po, qui est le diamètre le plus fréquent pour les conduites de réseaux de vapeur.

Les calculs ont été effectués à l'aide du simulateur d'économies d'énergie d'Énergir présenté pour le programme Entretien des purgeurs de vapeur.

Voici les résultats obtenus :

Type de purgeur	Économies de GN (m <sup>3</sup> /an)	Économies financières (\$/an)
Intérieur	83	50
Extérieur CVAC	286	173
Extérieur procédé	271	164

.....

<sup>13</sup> [Quel est le bilan carbone d'une voiture thermique? \(greenly.earth\)](https://www.greenly.earth/)

<sup>14</sup> [Inventaire québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2021 et leur évolution depuis 1990 \(gouv.qc.ca\)](https://www.gouv.qc.ca/)

<sup>15</sup> [L'impact de la consommation de viande sur le climat \(trajectoires.media\)](https://www.trajectoires.media/)

## 12. Petit industriel/Commercial moyen (environ 41 500 m<sup>3</sup>/an de GN)

### 12.1. Augmentation de la fréquence des audits

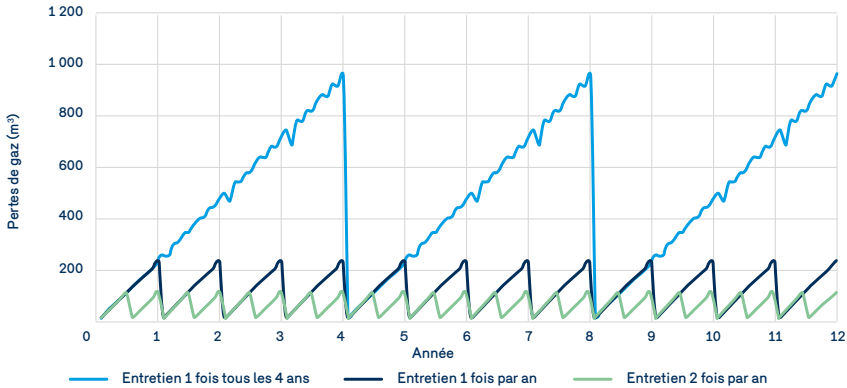


Figure 13 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années

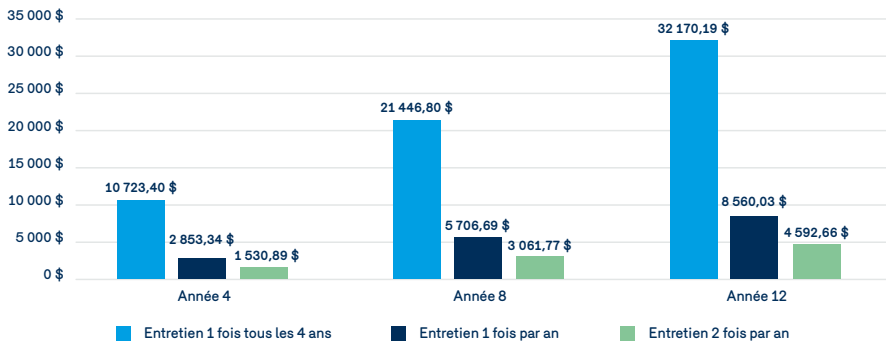


Figure 14 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années

Tel que l'on peut le voir sur la [Figure 13](#) et la [Figure 14](#), effectuer un audit chaque année au lieu de tous les 4 ans permet de diminuer près de **3.25 fois sa consommation de gaz naturel** aux 4 ans et d'**économiser plus de 24 000 \$** en 12 ans.

Il est également primordial aujourd'hui de visualiser le point de vue environnemental de telles pertes. En effet, avec environ 2 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de gaz naturel consommé, il serait possible d'éviter l'émission de plus de **120 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>** en 12 ans ([Figure 15](#)).

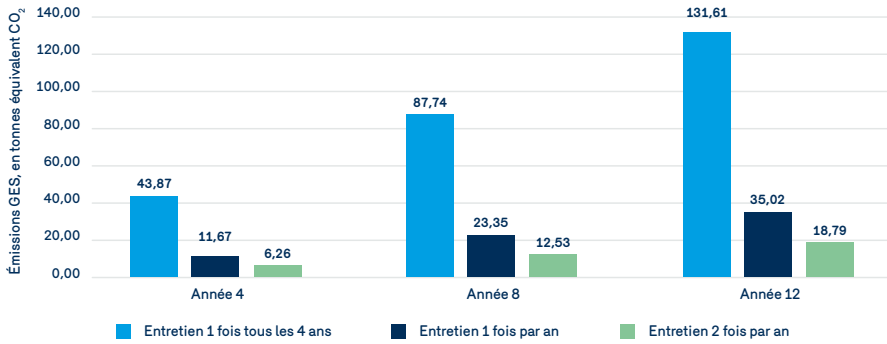


Figure 15 : Tonnes équivalentes de CO<sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années

### 120 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> c'est aussi :



**478 000 km parcourus**  
en voiture à essence\*



Les émissions  
de **13 Québécois**  
sur 1 an\*



**19 048 repas** avec de la viande rouge et  
**236 000 repas** végétariens\*

## 12.2. Isolation des purgeurs

Cette section présente les économies de gaz naturel et financières pouvant être réalisées en isolant un purgeur de vapeur intérieur, extérieur pour le CVAC ou extérieur pour le procédé qui fonctionne 100 % au gaz naturel. Le diamètre de la conduite a été supposé de 0,75 po, qui est le diamètre le plus fréquent pour les conduites de réseaux de vapeur.

Les calculs ont été effectués à l'aide du simulateur d'économies d'énergie d'Énergir présenté pour le programme Entretien des purgeurs de vapeur.

Voici les résultats obtenus :

Type de purgeur	Économies de GN (m <sup>3</sup> /an)	Économies financières (\$/an)
Intérieur	107	50
Extérieur CVAC	340	160
Extérieur procédé	325	153

\* Voir page 29

### 13. Institutionnel petit/moyen édifice (environ 100 000 m<sup>3</sup>/an de GN)

#### 13.1. Augmentation de la fréquence des audits

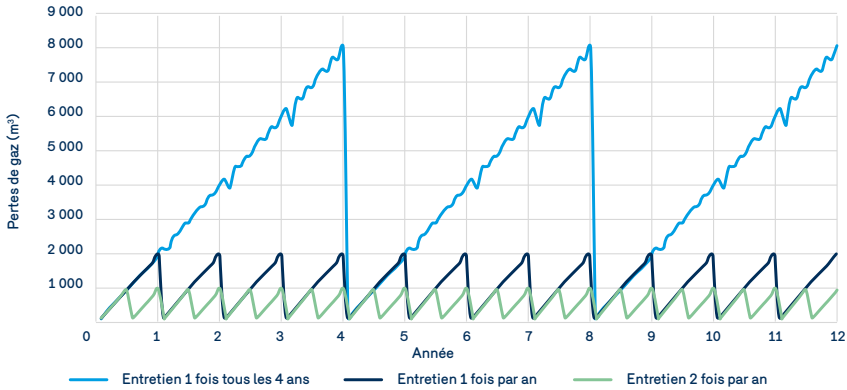


Figure 16 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années

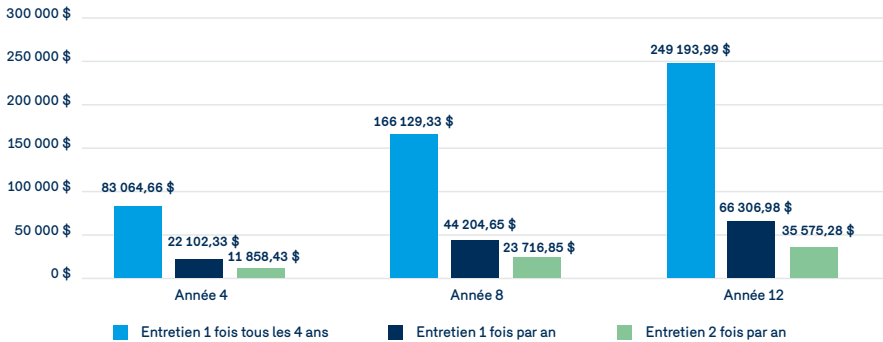


Figure 17 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années

Tel que l'on peut le voir sur la [Figure 16](#) et la [Figure 17](#), effectuer un audit chaque année au lieu de tous les 4 ans permet de diminuer près de **4 fois sa consommation de gaz naturel** aux 4 ans et d'**économiser plus de 200 000 \$** en 12 ans.

Il est également primordial aujourd'hui de visualiser le point de vue environnemental de telles pertes. En effet, avec environ 2 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de gaz naturel consommé, il serait possible d'éviter l'émission de plus de **800 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>** en 12 ans ([Figure 18](#)).



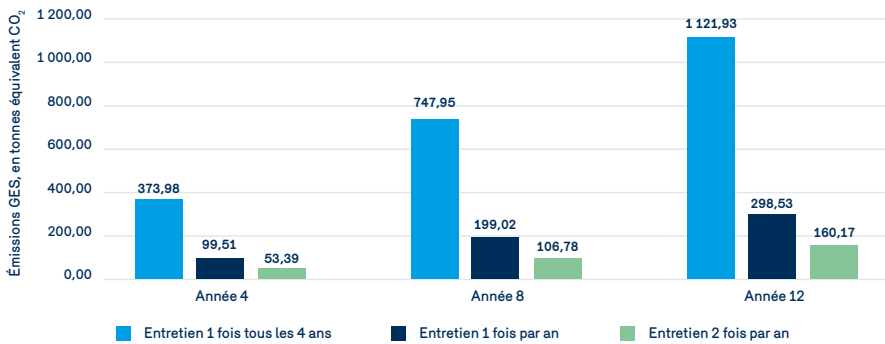


Figure 18 : Tonnes équivalentes de CO<sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années

**800 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> c'est aussi :**



**3 187 000 km parcourus**  
en voiture à essence\*



Les émissions  
de **89 Québécois**  
sur 1 an\*



**127 000 repas** avec de la viande rouge et  
**1 569 000 repas** végétariens\*

### 13.2. Isolation des purgeurs

Cette section présente les économies de gaz naturel et financières pouvant être réalisées en isolant un purgeur de vapeur intérieur, extérieur pour le CVAC ou extérieur pour le procédé qui fonctionne 100 % au gaz naturel. Le diamètre de la conduite a été supposé de 0,75 po, qui est le diamètre le plus fréquent pour les conduites de réseaux de vapeur.

Les calculs ont été effectués à l'aide du simulateur d'économies d'énergie d'Énergir présenté pour le programme Entretien des purgeurs de vapeur.

Voici les résultats obtenus :

Type de purgeur	Économies de GN (m <sup>3</sup> /an)	Économies financières (\$/an)
Intérieur	342	146
Extérieur CVAC	1 086	464
Extérieur procédé	1 040	444

\* Voir page 29

## 14. Grand commercial/industriel (environ 100 000 m<sup>3</sup>/an de GN)

### 14.1. Augmentation de la fréquence des audits

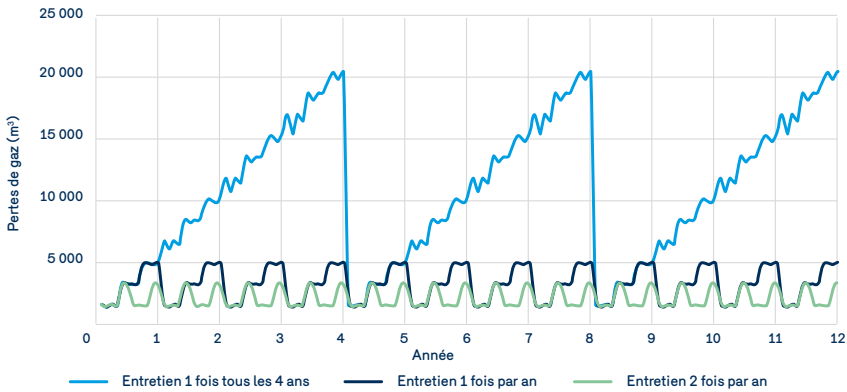


Figure 19 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années

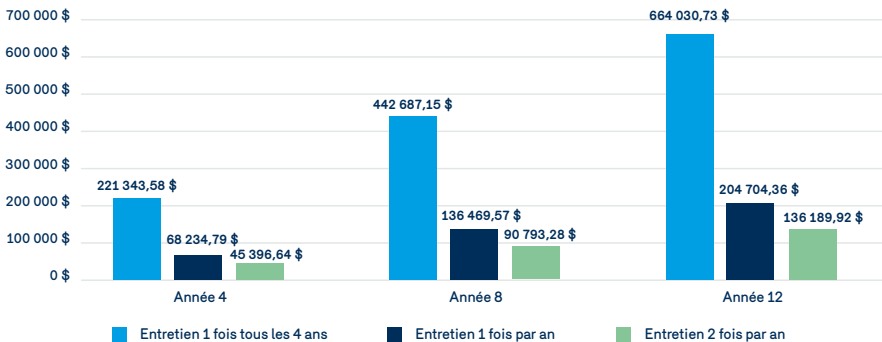


Figure 20 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années

Tel que l'on peut le voir sur la [Figure 19](#) et la [Figure 20](#), effectuer un audit chaque année au lieu de tous les 4 ans permet de diminuer près de **3.75 fois sa consommation de gaz naturel** aux 4 ans **et d'économiser plus de 480 000 \$** en 12 ans.

Il est également primordial aujourd'hui de visualiser le point de vue environnemental de telles pertes. En effet, avec environ 2 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de gaz naturel consommé, il serait possible d'éviter l'émission de plus de **2 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>** en 12 ans ([Figure 21](#)).

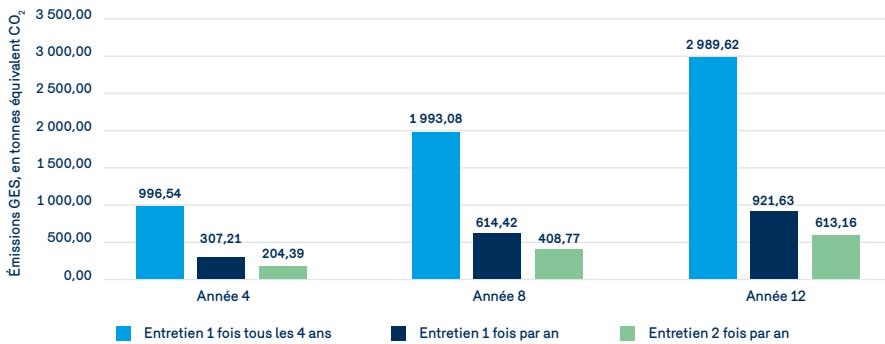


Figure 21 : Tonnes équivalentes de CO<sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années

### 2000 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> c'est aussi :



**7 968 000 km parcourus**  
en voiture à essence\*



Les émissions  
de **222 Québécois**  
sur 1 an\*



**317 000 repas** avec de la viande rouge et  
**3 921 000 repas** végétariens\*

## 14.2. Isolation des purgeurs

Cette section présente les économies de gaz naturel et financières pouvant être réalisées en isolant un purgeur de vapeur intérieur, extérieur pour le CVAC ou extérieur pour le procédé qui fonctionne 100 % au gaz naturel. Le diamètre de la conduite a été supposé de 0,75 po, qui est le diamètre le plus fréquent pour les conduites de réseaux de vapeur.

Les calculs ont été effectués à l'aide du simulateur d'économies d'énergie d'Énergir présenté pour le programme Entretien des purgeurs de vapeur.

Voici les résultats obtenus :

Type de purgeur	Économies de GN (m <sup>3</sup> /an)	Économies financières (\$/an)
Intérieur	421	180
Extérieur CVAC	1 250	534
Extérieur procédé	1 203	514

\* Voir page 29

## 15. Institutionnel/Industriel grande taille (plus de 1 000 000 m<sup>3</sup>/an de GN)

### 15.1. Augmentation de la fréquence des audits

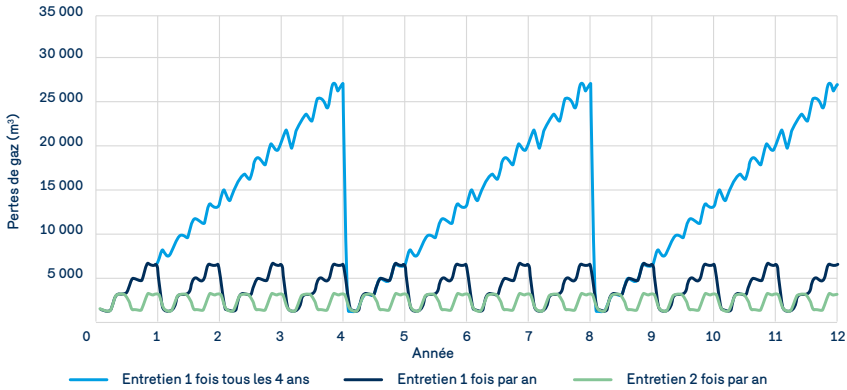


Figure 22 : Pertes de gaz naturel dues aux fuites de vapeur sur 12 années

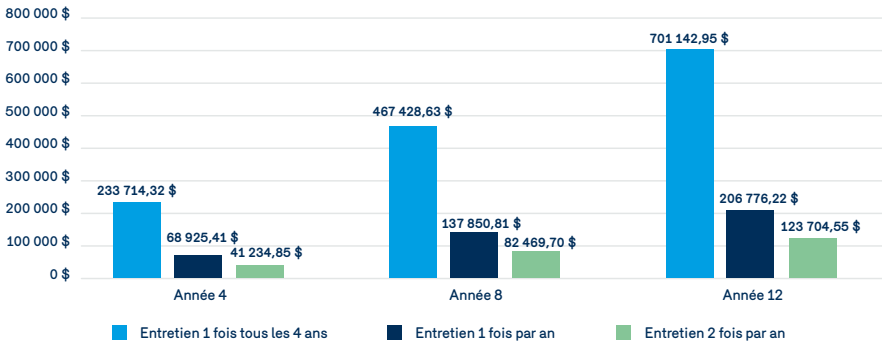


Figure 23 : Pertes financières cumulatives dues aux fuites de vapeur sur 12 années

Tel que l'on peut le voir sur la [Figure 22](#) et la [Figure 23](#), effectuer un audit chaque année au lieu de tous les 4 ans permet de diminuer près de **4 fois sa consommation de gaz naturel** aux 4 ans et d'**économiser plus de 500 000 \$** en 12 ans.

Il est également primordial aujourd'hui de visualiser le point de vue environnemental de telles pertes. En effet, avec environ 2 kg d'équivalent CO<sub>2</sub> par m<sup>3</sup> de gaz naturel consommé, il serait possible d'éviter l'émission de plus de **3 000 tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub>** en 12 ans ([Figure 24](#)).

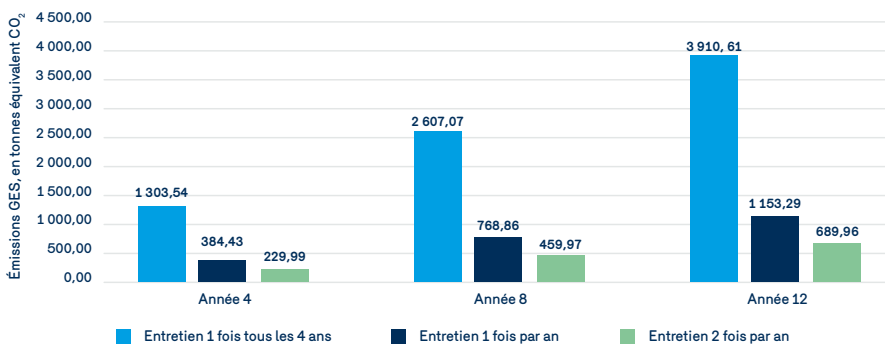


Figure 24 : Tonnes équivalentes de CO<sub>2</sub> émises dues aux fuites de vapeur sur 12 années

**3000 tonnes équivalent CO<sub>2</sub> c'est aussi :**



**11 952 000 km parcourus**  
en voiture à essence\*



Les émissions  
de **333 Québécois**  
sur 1 an\*



**476 000 repas** avec de la viande rouge et  
**5 882 000 repas** végétariens\*

## 15.2. Isolation des purgeurs

Cette section présente les économies de gaz naturel et financières pouvant être réalisées en isolant un purgeur de vapeur intérieur, extérieur pour le CVAC ou extérieur pour le procédé qui fonctionne 100 % au gaz naturel. Le diamètre de la conduite a été supposé de 0,75 po, qui est le diamètre le plus fréquent pour les conduites de réseaux de vapeur.

Les calculs ont été effectués à l'aide du simulateur d'économies d'énergie d'Énergir présenté pour le programme Entretien des purgeurs de vapeur.

Voici les résultats obtenus :

Type de purgeur	Économies de GN (m <sup>3</sup> /an)	Économies financières (\$/an)
Intérieur	421	145
Extérieur CVAC	1 250	431
Extérieur procédé	1 203	414

\* Voir page 29

# Annexes

## Types de purgeurs de vapeurs

Chaque catégorie de purgeurs (thermostatiques, thermodynamiques et mécaniques) comprend différents types de purgeurs, tels que décrits ci-dessous.

### 1. Purgeurs thermostatiques

#### 1.1. Purgeur thermostatique à pression équilibrée

Un purgeur thermostatique à pression équilibrée fonctionne grâce à une capsule remplie de liquide qui réagit aux variations de température et de pression. Lorsque ces dernières sont élevées, le liquide dans la capsule s'évapore, créant une pression qui ferme le clapet du purgeur. À l'inverse, lorsque la température et la pression diminuent, la vapeur dans la capsule condense, permettant ainsi l'ouverture du clapet.

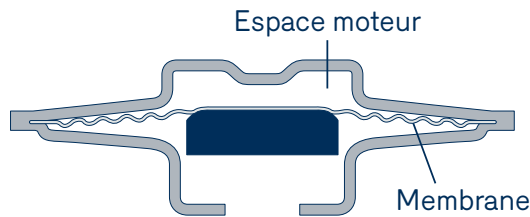


Figure 25 : Intérieur d'un purgeur thermostatique à pression équilibrée (Everest Automation)

Le processus complet se déroule comme suit :

- Au démarrage de l'air et du condensat froid entrent dans le purgeur, avec la capsule froide et le clapet ouvert, permettant l'évacuation de l'air et du condensat froid.
- À mesure que la capsule se réchauffe au contact du condensat de plus en plus chaud, le liquide interne s'évapore. Cela va créer une pression qui agit sur les membranes de la capsule et pousse la tête du clapet vers le siège, provoquant une fermeture complète à la température d'évacuation sélectionnée.
- Lorsque le condensat se refroidit à l'intérieur du purgeur en raison de la déperdition calorifique, la vapeur dans la capsule se condense, diminuant ainsi la pression interne. Le clapet s'ouvre à nouveau pour permettre l'évacuation du condensat, et le cycle recommence.

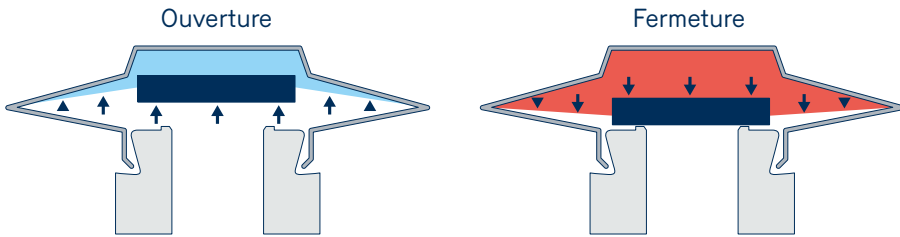


Figure 26 : Processus d'ouverture et fermeture d'un purgeur thermostatique à pression équilibrée (Everest Automation)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le condensat est évacué en dessous de la température de saturation de la vapeur, ce qui permet d'utiliser la chaleur sensible du condensat et de réduire les pertes par revaporisation (plus écoénergétique);</li> <li>• Évacuation automatique de l'air et des gaz incondensables afin de permettre une mise en température rapide de l'installation;</li> <li>• Capacité surmultipliée pour condensat froid;</li> <li>• Insensible au gel;</li> <li>• Se répare en ligne simplement et rapidement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le flotteur peut être endommagé par les coups de bélier importants;</li> <li>• Endure peu de surchauffe;</li> <li>• Limité à 350 psi;</li> <li>• Pression différentielle de plus de 1 psi.</li> </ul>

## 1.2. Purgeur thermostatique bimétallique

Ce type de purgeur est équipé d'un élément bimétallique ou bilame. Un bilame est un élément thermostatique composé de deux plaques métalliques aux propriétés différentes collées ensemble. Ces métaux ont des coefficients de dilatation thermique différents et lorsqu'ils sont soumis à un changement de température, l'élément commence à se déformer. Les purgeurs bimétalliques utilisent la déformation du bilame pour ouvrir ou fermer une soupape. Son fonctionnement s'articule comme suit :

- Au démarrage l'élément bimétallique est inactif, maintenant le clapet en position ouverte. Cela permet l'évacuation immédiate du condensat froid et de l'air.

- Le condensat, de plus en plus chaud en s'écoulant à travers le purgeur, réchauffe l'élément bimétallique. Sous l'effet de la chaleur, ce dernier se déforme, tirant alors le clapet vers le siège.
- Lorsque le condensat atteint une température proche de sa saturation, l'élément bimétallique ferme le clapet. Le condensat emprisonné dans le corps du purgeur se refroidit par déperdition, entraînant le refroidissement de l'élément bimétallique. Celui-ci se détend, la pression amont ouvre le clapet, permettant l'évacuation du condensat sous-refroidi. Le cycle peut recommencer.

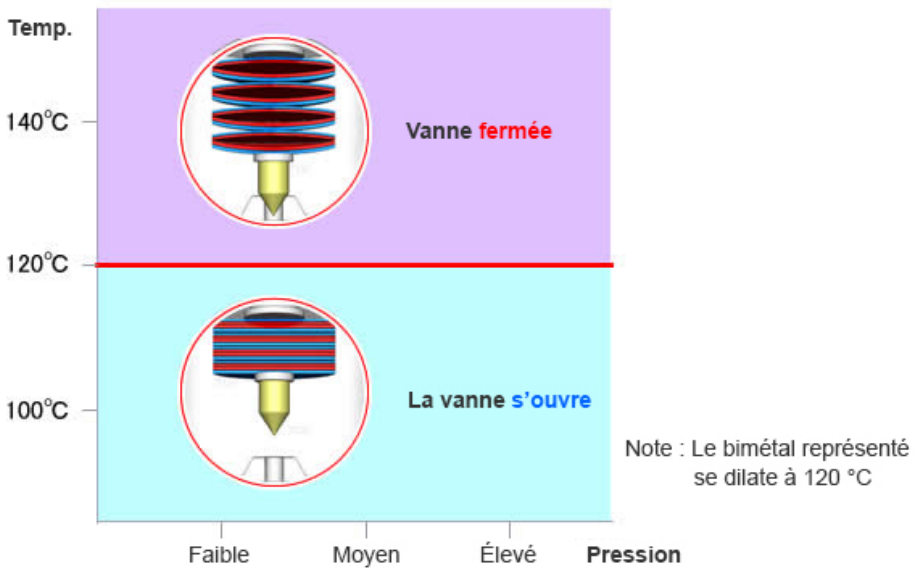


Figure 27 : Fonctionnement d'un purgeur thermostatique bimétallique,  
© TLV CO. LTD



Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le condensat est évacué en dessous de la température de saturation de la vapeur, ce qui permet d'utiliser la chaleur sensible du condensat et de réduire les pertes par revaporisation (plus écoénergétique);</li> <li>• Évacuation automatique de l'air et des gaz incondensables afin de permettre une mise en température rapide de l'installation;</li> <li>• Les éléments bimétalliques peuvent fonctionner sur une large gamme de pression de vapeur sans nécessiter de réglage (excellent pour la vapeur surchauffée);</li> <li>• Application jusqu'à 4 000 psi;</li> <li>• Capacité surmultipliée pour condensat froid;</li> <li>• Ne réagit pas aux conditions ambiantes;</li> <li>• Résistants aux coups de bélier et au gel;</li> <li>• Se répare en ligne simplement et rapidement.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la température d'évacuation est nettement inférieure à la température de la vapeur, le condensat risque de trop d'accumuler dans le réseau, pouvant provoquer des coups de bélier;</li> <li>• Dans le cas contraire, lorsque la température d'évacuation est supérieure à la température de saturation de la vapeur, le purgeur ne se ferme pas. Cela entraîne une perte continue de vapeur;</li> <li>• Les fabricants offrent des températures d'évacuation différentes;</li> <li>• L'opération en modulation exige une connaissance plus approfondie pour diagnostiquer les bris de ces purgeurs.</li> </ul>

### Attention

Les purgeurs thermostatiques (à pression équilibrée et bimétallique) ne doivent pas être isolés thermiquement (voir la section [Isolation des purgeurs de vapeurs](#)).

## 2. Purgeurs thermodynamiques

### 2.1. Purgeur thermodynamique à disque

L'action d'ouverture et de fermeture du purgeur à disque se fait avec la différence des forces agissant sur les faces inférieures et supérieures du disque. Ces forces sont liées aux variations d'énergie cinétique et de pression des fluides (air, condensat et vapeur).

Son cycle est le suivant ([Spirax Sarco](#)) :

- Au démarrage la pression en amont soulève le disque du purgeur, permettant l'évacuation immédiate du condensat froid et de l'air.
- Le condensat chaud qui circule à travers l'orifice d'admission génère une vapeur de revaporisation à une vitesse élevée, créent ainsi une zone de basse pression sous le disque et le ramenant vers le siège.
- Simultanément la pression de la vapeur de revaporisation s'établit dans la chambre au-dessus du disque, s'opposant à la pression du condensat jusqu'à ce que le disque se pose sur son siège. Cela ferme alors l'entrée du condensat et emprisonne la vapeur dans la chambre.
- Avec la condensation de la vapeur, la pression de fermeture diminue sous le disque, le soulevant à nouveau et amorçant ainsi un nouveau cycle.

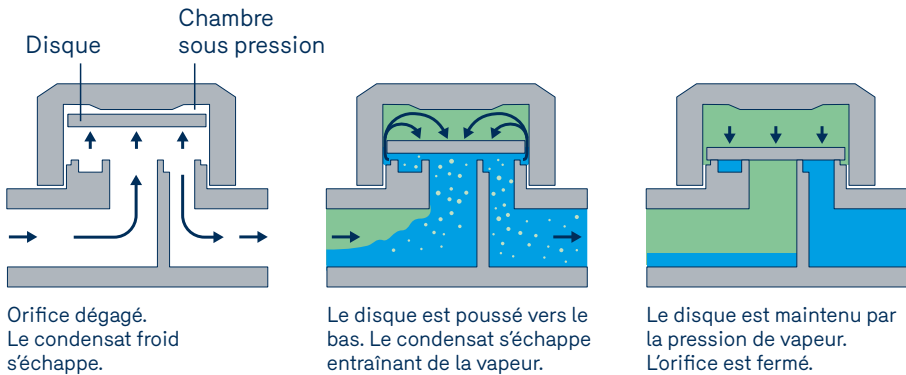


Figure 28 : Processus de fonctionnement d'un purgeur thermodynamique à disque (Everest Automation)

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évacuation cyclique des condensats avec une fermeture étanche. Rejet du condensat proche de la température de la vapeur ce qui assure une efficacité maximale de l'installation;</li> <li>• Large plage de fonctionnement en pression;</li> <li>• Compatible pour la vapeur surchauffée;</li> <li>• Insensible au gel et aux coups de bélier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réagit à la température ambiante (la pluie ou le froid peuvent entraîner l'ouverture inopinée de la vanne);</li> <li>• Le principe de fonctionnement induit l'usure de la garniture du disque pouvant causer des fuites de vapeur;</li> <li>• Consomme de la vapeur à chaque cycle;</li> <li>• Durée de vie réduite et fuite (surtout en présence de saletés);</li> <li>• Non réparable.</li> </ul>

## 2.2. Purgeur thermodynamique à impulsion

Les purgeurs thermodynamiques à impulsion utilisent l'énergie thermique du condensat et l'énergie cinétique de la vapeur pour ouvrir et fermer la vanne. Ils laissent facilement échapper de la vapeur et ils sont rapidement défectueux en raison des saletés qui se retrouvent dans le purgeur.

**N. B. :** En raison de leur tendance à fuir et à tomber en panne facilement, les purgeurs à impulsion sont de plus en plus abandonnés au profit des purgeurs à disque.

### Attention

Les purgeurs thermodynamiques (à impulsion ou à disque) ne doivent pas être isolés thermiquement (voir la section [Isolation des purgeurs de vapeurs](#)).

### 3. Purgeurs mécaniques

#### 3.1. Purgeur mécanique à flotteur fermé

Dans le cas d'un purgeur à flotteur fermé, le flotteur sphérique ouvre ou ferme le clapet en fonction du débit du condensat.

Le cycle de ce type de purgeur est le suivant :

- Au démarrage une capsule thermostatique évacue l'air en *by-pass* du clapet principal.
- Dès que le condensat entre dans le purgeur, le flotteur s'élève et déclenche l'ouverture du clapet principal et ainsi l'évacuation du condensat.
- Lorsque la vapeur arrive dans le purgeur après l'évacuation intégrale du condensat, le flotteur redescend et ferme l'orifice principal.
- Lorsque des condensats pénètrent à nouveau dans le purgeur, le flotteur s'élève pour permettre leur évacuation.

Le flotteur monte et descend en fonction du débit de condensat entrant dans le purgeur, ce qui permet au clapet de s'ouvrir proportionnellement et assure ainsi une purge continue.

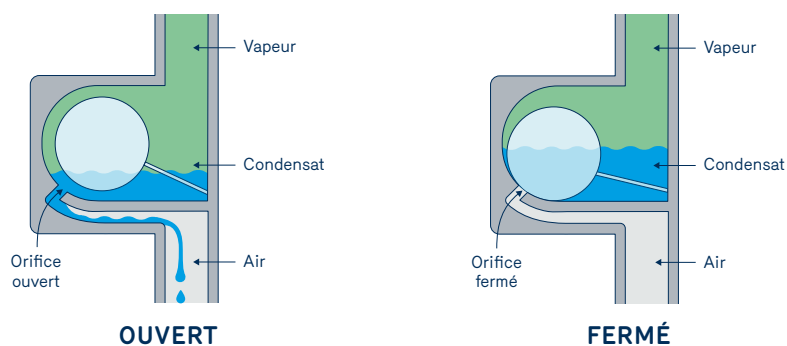


Figure 29 : Purgeur mécanique à flotteur fermé en position ouverte et fermée

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fonctionnement efficace à débits faibles ou forts sans passage de vapeur vive;</li> <li>• Non affecté par les variations brusques et soudaines de pression ou de débit;</li> <li>• Évacuation immédiate du condensat (purge continue);</li> <li>• Ne laisse pas passer de vapeur;</li> <li>• Adéquat pour les basses pressions variables et vacuum.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sensible au gel;</li> <li>• Peu ou pas compatible pour la vapeur surchauffée;</li> <li>• Doit être surdimensionnée pour les démarrages à froid;</li> <li>• Sensible aux coups de bélier.</li> </ul>

Il existe deux catégories de purgeurs à flotteur fermé :

- **Le flotteur à levier** : le flotteur est fixé à un levier qui commande l'ouverture du clapet. En raison de l'amplitude limitée du bras de levier, le clapet reste souvent sur le trajet du flux de condensat, ce qui peut entraîner une aspiration vers le siège et fermer le purgeur en cas de débit élevé.
- **Le flotteur libre** : dans ce cas le flotteur n'est pas fixé à un levier et fait office de clapet. Le liquide soulève la sphère qui va dégager l'orifice. De plus, la rotation naturelle du flotteur libre offre un nombre presque infini de points de contact contre l'orifice, ce qui réduit considérablement l'usure.

### 3.2. Purgeur mécanique à godet inversé

Les purgeurs à godet inversé ouvert utilisent la différence de masse volumique entre la vapeur et le condensat pour les différencier.

Le cycle de ce type de purgeur est le suivant :

- L'arrivée du condensat froid dans le corps du purgeur positionne le flotteur en partie inférieure et ouvre le clapet. Le condensat est évacué.
- Lorsque de la vapeur entre dans le purgeur, elle déplace une partie du volume présent dans le flotteur en entraînant une poussée de ce dernier vers le haut. Le mécanisme à levier ferme alors le passage. L'orifice de dégazage en haut du seau permet à une petite quantité de vapeur d'être libérée dans le haut du purgeur.
- Lorsque la vapeur passe par l'orifice de dégazage, le condensat commence à remplir l'intérieur du seau, ce qui le fait couler et permet au levier d'ouvrir le clapet et d'évacuer le condensat (en même temps que toute vapeur contenue dans le purgeur qui se condense).

Pour que le condensat soit évacué, il faut que la vapeur contenue dans le seau se libère pour que celui-ci plonge et enclenche l'ouverture du clapet. En attendant ce moment, le purgeur reste fermé en aval, il s'agit alors d'une purge cyclique.

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Évacuation discontinue des condensats à température proche de la saturation et fermeture étanche. Une retenue minimum de condensat assure une efficacité maximum de l'installation;</li> <li>• Adapté aux conditions de surchauffe si équipé d'un clapet de retenue interne en amont du purgeur;</li> <li>• L'orifice sur le dessus réduit les problèmes dus aux saletés;</li> <li>• <b>Adéquat pour la basse pression.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Purge d'air faite en faible quantité;</li> <li>• Sensible au gel;</li> <li>• Laisse échapper de la vapeur à chaque coup;</li> <li>• Incompatible pour la vapeur surchauffée;</li> <li>• Sensible aux coups de bélier;</li> <li>• Doit être surdimensionnée pour les démarrages à froid.</li> </ul>

## Valeurs de la variable $f$

La variable  $f$  tient compte de trois éléments :

- 7,5 % des purgeurs brisent annuellement;
- 75 % des purgeurs défectueux brisent en position ouverte (engendrant des fuites de vapeur), alors que 25 % des purgeurs défectueux brisent en position fermée (n'engendrant pas de fuites de vapeur);
- Les purgeurs ne brisent pas tous en même temps et ne fuient pas tous pendant la même durée jusqu'à ce qu'ils soient remplacés.

La variable  $f$  dépend donc de la fréquence de remplacement/réparation des purgeurs de vapeur. De plus, il est différent si le calcul est considéré sur le nombre total de purgeurs en inventaire (dans ce cas il faut donc multiplier la formule de fuite de vapeur par le nombre de purgeurs  $n$ ) ou sur un seul purgeur défectueux. Cette annexe présente ces deux cas, en considérant un taux de défaillance de 7,5 % (durée de vie de plus de 13 ans), puis de 10 % (durée de vie de 10 ans) et de 15 % (durée de vie entre 6 et 7 ans).

#### 4. Fuites de vapeur sur le nombre total de purgeurs en inventaire

En effectuant une moyenne du pourcentage de défectuosité des purgeurs de vapeur sur les 4 années étudiées, voici les valeurs de la variable  $f$  en fonction de la fréquence de remplacement/réparation des purgeurs de vapeurs :

**Tableau 1 : Taux de défaillance de 7,5 %**

Scénario	Valeur de $f$
Remplacement tous les 4 ans	11,1 %
Remplacement tous les ans	2,8 %
Remplacement biannuel	1,4 %
Remplacement 3 fois par an	0,9 %

**Tableau 2 : Taux de défaillance de 10 %**

Scénario	Valeur de $f$
Remplacement tous les 4 ans	15,0 %
Remplacement tous les ans	3,75 %
Remplacement biannuel	1,9 %
Remplacement 3 fois par an	1,25 %

**Tableau 3 : Taux de défaillance de 15 %**

Scénario	Valeur de $f$
Remplacement tous les 4 ans	22,5 %
Remplacement tous les ans	5,6 %
Remplacement biannuel	2,8 %
Remplacement 3 fois par an	1,9 %

## 5. Fuites de vapeur sur un seul purgeur défectueux

En effectuant une moyenne du pourcentage de défectuosité du purgeur de vapeur considéré sur les 4 années étudiées, voici les valeurs de la variable  $f$  en fonction de la fréquence de remplacement/réparation des purgeurs de vapeurs :

**Tableau 4 : Taux de défaillance de 7,5 %**

Scénario	Valeur de $f$
Remplacement tous les 4 ans	50 %
Remplacement tous les ans	12,5 %
Remplacement biannuel	6,25 %
Remplacement 3 fois par an	4,2 %

**Tableau 5 : Taux de défaillance de 10 %**

Scénario	Valeur de $f$
Remplacement tous les 4 ans	50 %
Remplacement tous les ans	12,5 %
Remplacement biannuel	6,25 %
Remplacement 3 fois par an	4,2 %

**Tableau 6 : Taux de défaillance de 15 %**

Scénario	Valeur de $f$
Remplacement tous les 4 ans	50 %
Remplacement tous les ans	12,5 %
Remplacement biannuel	6,25 %
Remplacement 3 fois par an	4,2 %



## Autres états des purgeurs possibles

Il arrive que d'autres défaillances ou états des purgeurs que ceux vus en [section 3](#), surviennent dans les rapports d'audits des purgeurs de vapeur. Cette annexe répertorie les autres cas qu'il est possible de rencontrer.

### 6. Froid, sous-refroidissement

La température dans un purgeur de vapeur doit normalement être proche de la température de la vapeur saturée du réseau. Si l'auditeur voit que la température du purgeur s'en éloigne, cela peut être expliqué par :

- Un sous refroidissement intentionnel;
- Un problème sur le purgeur. En effet, une température basse indique un reflux de condensat et peut donc être un purgeur sous-dimensionné, un purgeur bloqué fermé, etc. Le purgeur froid aura donc besoin de vérifications supplémentaires afin de déceler le problème.

### 7. Purgeur inondé

Un purgeur de vapeur peut se retrouver inondé de condensat en raison d'une capacité de décharge insuffisante. Les causes possibles d'accumulation sont les suivantes :

- Démarrage du système de vapeur;
- L'échangeur de chaleur fonctionne avec un sous-refroidissement supplémentaire;
- Changement des conditions d'opérations;
- Sous dimensionnement du purgeur;
- Blocage ou autre défaillance du purgeur.

Un purgeur chaud ou une analyse via un vaposcope peut indiquer une accumulation de condensat.

### 8. Rapid cycling

Cet état ne concerne que les purgeurs thermodynamiques et consiste en un bruit de clic audible à l'oreille et provient du nombre de cycles augmentant avec l'usure.

Ce phénomène, présent uniquement dans les purgeurs thermodynamiques, permet donc de signaler des signes d'usure avant que le purgeur ne tombe en panne complètement et permet alors une maintenance préventive.

## **9. Accumulation de saletés**

Lors d'un audit, il peut arriver que l'auditeur doive procéder à un nettoyage du purgeur de vapeur. En effet, au fil du temps des impuretés, minéraux, rouille, dépôts, etc. issus des conduites peuvent s'accumuler à l'intérieur du purgeur de vapeur et donc l'abimer et/ou le bloquer.

C'est pourquoi procéder à un nettoyage des saletés permet d'éviter un remplacement ou une réparation coûteuse et de rallonger la durée de vie du purgeur de vapeur.

# Références

- Bithern. (s.d.). *Inspection of Steam traps*. Récupéré sur Bithern : <https://www.steamtrapefficiency.com/en/services/survey/#:-:text=1.without%20t%20loss%20of%20steam>
- DNV GL. (2013). *Massachusetts 2013 Prescriptive Gas Impact Evaluation*. Récupéré sur <https://ma-eeac.org/wp-content/uploads/MA-2013-Prescriptive-Gas-Impact-Evaluation-Steam-Trap-Evaluation-Phase-1.pdf>
- Emerson. (2014, Novembre). *Impact of Failed Steam Traps on Process Plants*. Récupéré sur Lakesidecontrols : <https://www.lakesidecontrols.com/getattachment/1c9e5f2f-caa8-47bc-b93a-be6df0d4df5e/white-paper-impact-of-failed-steam-traps-on-process-plants-en-1337322.pdf>
- Everest Automation. (2024). Purgeurs à vapeur - technologie et conservation énergétique.
- Faster Capital. (2024, Février 13). *Purgeur de vapeur : prévenir les pannes des purgeurs de vapeur pour un rapport vapeur huile optimal*. Récupéré sur <https://fastercapital.com/fr/contenu/Purgeur-de-vapeur---Prevenir-les-pannes-des-purgeurs-de-vapeur-pour-un-rapport-vapeur-huile-optimal.html>
- Ministère de l'Environnement, de la lutte contre les changements climatiques, de la faune et des parcs. (2023). *Inventaire Québécois des émissions de gaz à effet de serre en 2021 et leur évolution depuis 1990*. Récupéré sur <https://www.environnement.gouv.qc.ca/changements/ges/2021/inventaire-ges-1990-2021.pdf>
- National Grid. (2013, Août). *Steam Traps 101*. Récupéré sur <https://www1.nationalgridus.com/files/AddedPDF/POA/20130828SteamTraps101.pdf>
- Normand, A. (2023, Août 8). *Quel est le bilan carbone d'une voiture thermique?* Récupéré sur Greenly : <https://greenly.earth/fr-fr/blog/actualites-ecologie/empreinte-carbone-voiture-thermique>
- Paffel, K. (2011, Mai 12). *Best practices for testing steam traps*. Récupéré sur Plant Engineering : <https://www.plantengineering.com/articles/best-practices-for-testing-steam-traps/>
- Paffel, K. (2020, Octobre). *Methods for testing steam trap stations*. Récupéré sur Inveno Engineering : <https://invenoeng.com/wp-content/uploads/2020/10/Methods-For-Testing-Steam-Trap-Stations.pdf>
- Paffel, K. (s.d.). *Why is insulation important in steam system thermal-cycle efficiency?* Récupéré sur Inveno Engineering : [https://invenoinc.com/file/BestPractices\\_19.pdf](https://invenoinc.com/file/BestPractices_19.pdf)
- SDT Ultrasound solutions. (s.d.). *Inspection des purgeurs de vapeur*. Récupéré sur <https://sdtultrasound.com/fr/applications/steam-trap-testing/#:-:text=Comment%20d%C3%A9tecter%20un%20purgeur%20vapeur,d%C3%A9tecte%C3%A9es%20quand%20le%20syst%C3%A8me%20fonctionne>
- Spirax Sarco. (2011). *Steam Utilization - Design of fluid systems*. <https://www.spiraxsarco.com/global/en-US/steam-expertise/design-of-fluid-systems-steam-utilization>
- Spirax Sarco. (s.d.). *Purgeur de vapeur - Solutions de gestion de la vapeur et du condensat*. Récupéré sur [https://content.spiraxsarco.com/-/media/spiraxsarco/international/documents/fr/sb/purgeurs\\_de\\_vapeur\\_sbb-gst\\_33-fr.ashx?rev=a4f6c818f34c48c8a3aa67dc5c6d7a5e](https://content.spiraxsarco.com/-/media/spiraxsarco/international/documents/fr/sb/purgeurs_de_vapeur_sbb-gst_33-fr.ashx?rev=a4f6c818f34c48c8a3aa67dc5c6d7a5e)
- Thermaxx Jackets. (2021, Septembre 15). *What is thermodynamic steam trap insulation?* Récupéré sur Thermaxx Jackets : <https://blog.thermaxxjackets.com/what-types-of-steam-traps-can-you-insulate>
- TLV. (s.d.). *Théorie de la vapeur*. Récupéré sur <https://www.tlv.com/fr-fr/steam-info/steam-theory>
- Trajectoires. (s.d.). *L'impact de la consommation de viande sur le climat*. Récupéré sur Trajectoires : <https://www.trajectoires.media/f/impact-viande-climat#:-:text=Pour%20plus%20de%20facilit%C3%A9%20nous.6%2C3%20kg%20C02%2Deq>
- US department of energy. (2006). *Industrial Technologies Program, Energy Tips - Steam: Insulate Steam Distribution and*. Récupéré sur <https://www.nrel.gov/docs/fy06osti/39306.pdf>

# Remerciements

Merci d'avoir pris connaissance du guide. Si vous avez des commentaires en lien avec le présent document, n'hésitez pas à communiquer avec nous via l'adresse courriel :

[efficaciteenergetique@energir.com](mailto:efficaciteenergetique@energir.com).

1717, rue du Havre  
Montréal (Québec)  
H2K 2X3

**1 844 780-4355**