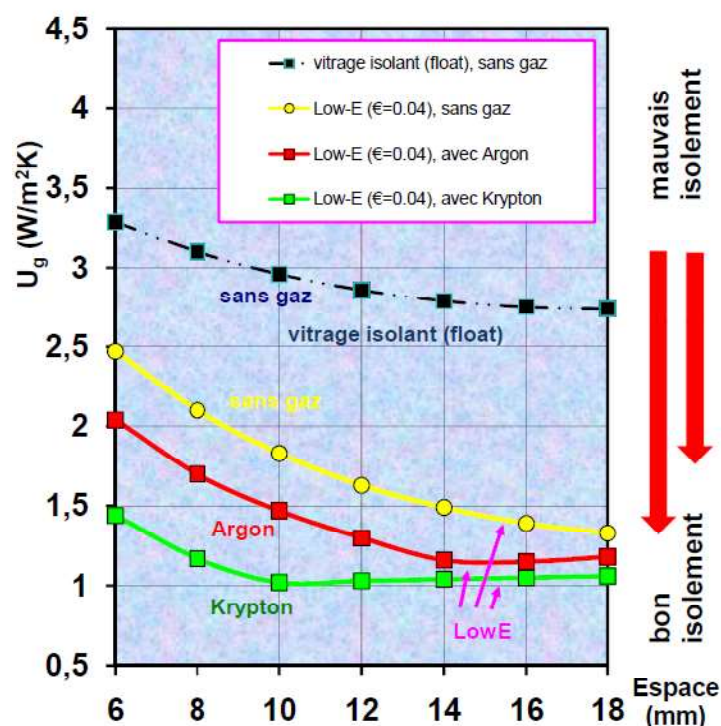


## REPLISSAGE AVEC DES GAZ CALORIFUGES

Pour améliorer l'isolation thermique contre les pertes considérables de rayonnement thermique à travers le verre, les vitrages isolants utilisent depuis plusieurs décennies des revêtements spéciaux, tandis qu'un remplissage homogène avec des gaz calorifuges est également utilisé efficacement contre les pertes de courant de conduction thermique et de convection tout aussi importantes dans vitres doubles ou multiples de haute qualité.

### $U_g$ - Valeur: Avantage du Remplissage de Gaz



Pour des raisons pratiques, seuls conviennent les gaz totalement non toxiques, écologiquement sans problème, inodores et insipides, non explosifs, facilement inflammables ou combustibles, et seuls les gaz incolores et transparents sans stries ni biréfringence, qui sont si inertes qu'ils ne changent pas dans le temps décomposent ou attaquent le verre, les mastics ou l'entretoise ou favorisent les vapeurs de ces substances pouvant entraîner à moyen ou long terme des dépôts gênants sur le verre.

Ces exigences sont satisfaites par les gaz nobles argon, krypton, xénon et leurs mélanges car leur conductivité thermique est nettement inférieure à celle de l'air. Les gaz nobles hélium et néon, en revanche, ont une meilleure conductivité thermique que l'air et ne conviennent donc pas aux applications d'isolation thermique.

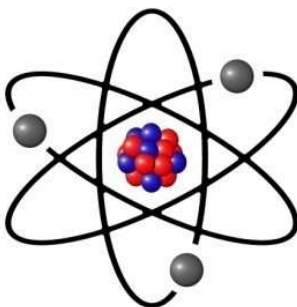
Le radon, un gaz rare, est extrêmement rare, coûteux et radioactif, de sorte qu'il ne peut pas non plus être utilisé pour cette application.

GAZ NOBLE	Densité [g/L]		Point d'ébullition [°C]	Conductivité thermique [W/mK]	
	à 20 °C	à 0°C	à 1 bar	à 300 K	à 0°C
<a href="#">Helium</a>	0.17	0.178	-268.93	0.1567	0.141
<a href="#">Neon</a>	0.84	0.899	-246.08	0.0541	0.0488
<a href="#">Argon</a>	1.66	1.784	-185.8	0.0179	0.0162
<a href="#">Krypton</a> (☢)	3.43	3.749	-153.22	0.00949	0.0086
<a href="#">Xenon</a>	5.49	5.897	-108.0	0.00569	0.0051
<a href="#">Air</a>	1.161	1.292	Mix	0.0262	0.0241

A température ambiante et pression ambiante, ces 3 éléments sont atomiques et gazeux et ne se condensent qu'à très basse température ou à haute pression.

L'argon, le krypton et le xénon se trouvent dans l'atmosphère terrestre en quantités qui rendent économiquement possible leur extraction par les usines de liquéfaction de l'air. L'argon en particulier n'est pas une substance exotique ou même menaçante, mais un gaz dont nous sommes entourés chaque jour à une concentration d'environ un pourcentage :

COMPOSITION DE L'AIR SEC DANS LA TROPOSPHERE	VOL. - %
STICKSTOFF	78,08
SAUERSTOFF	20,95
ARGON	0,934
NEON	0,0018
HELIUM	0,0005
KRYPTON	0,0001
XENON	0,000009



L'argon naturel et le xénon provenant des usines de séparation de l'air ne contiennent que de très faibles traces d'isotopes radioactifs rares ajoutés. La radioactivité du krypton est - selon le type d'accumulation - généralement si faible que le rayonnement émanant des bouteilles de gaz et des batteries ou des vitrages isolants remplis de gaz ou résultant des pertes de remplissage est nettement inférieur au rayonnement de fond naturel et est donc également classé comme inoffensif par les organisations environnementales devient.

Les réglementations exactes en matière de radioprotection diffèrent légèrement d'un pays à l'autre et, par exemple, une compilation détaillée des réglementations de stockage dépasse le cadre de cet aperçu. Par souci d'ordre, veuillez-vous adresser au service dont vous dépendez (association d'assurance responsabilité civile des employeurs, inspection du commerce, etc.) afin d'obtenir la réglementation qui s'applique à vous concernant la manipulation, le stockage et le transport du krypton, même si le résultat de votre recherche montrera alors probablement les limites d'exemption de manipulation de krypton sans avoir besoin d'un permis ou d'une notification, ce qui est considérablement plus élevé que la quantité typique utilisée ou stockée dans les entreprises de verre isolant.

Une évaluation socio-politique ou industrielle-politique de l'empreinte écologique et d'autres méthodes d'évaluation des vitrages isolants remplis de gaz lors de l'utilisation de krypton et de xénon dépasse également la portée de cette compilation. Si l'avantage isolant des produits remplis de ces gaz est incontesté, les aspects écologiques de l'extraction parfois énergivore de ces gaz peuvent modifier l'appréciation positive de ces produits dans le secteur du verre architectural. Les fabricants de vitrages isolants et leurs associations ont par le passé fait des déclarations sur ce sujet avec des résultats très différents, les aspects marketing, techniques et commerciaux prenant très évidemment le pas sur les déclarations à caractère environnemental. Cependant, l'évaluation très positive d'un point de vue écologique et la promotion mondiale du remplissage des vitrages isolants avec de l'argon ne sont actuellement plus considérées comme controversées par aucun groupe d'intérêt pertinent.

Bien que les gaz nobles ne soient pas toxiques, il convient de noter que des concentrations réduites en oxygène peuvent entraîner une perte de conscience ou la mort en peu de temps. Les fortes concentrations de ces gaz sont donc à éviter dans les pièces fermées :

Oxygène, Vol.-%	Symptômes
< 18	Diminution souvent inaperçue, mais néanmoins significative performances physiques et mentales
< 10	Perte de conscience rapide, même sans signes avant-coureurs
< 6	Perte de connaissance quasi instantanée avec possibilité de décès

L'effet de changement de voix délibérément induit après l'inhalation de gaz lourds tels que le krypton et le xénon ou même l'hélium léger peut être amusant et divertissant, mais il peut être très dangereux ou mortel car ces gaz suffoquent immédiatement s'ils ne sont pas complètement éliminés de l'air les poumons peuvent être expirés.

Dans le cas de gaz lourds voire très légers, il y a là un danger très réaliste, selon la position. Le krypton et le xénon sont environ 3 et 5 fois plus lourds que l'air, respectivement, et la coloration reste donc dangereusement longue dans les poumons si le haut du corps n'est pas replié pour expirer.



Des dangers résultent également de la chute éventuelle de bouteilles de gaz, de sorte qu'il existe des règles générales de manipulation des gaz qui sont compilées sur les fiches de données de sécurité respectives pour ces gaz et qui doivent être respectées à tout prix. Ces fiches de données de sécurité peuvent être obtenues gratuitement sur demande auprès du fournisseur de gaz et, conformément aux réglementations des associations professionnelles, doivent toujours être affichées à proximité du lieu de travail.

Une attention particulière doit être portée au fait que, notamment en cas d'incendie, les pompiers doivent être immédiatement informés de l'endroit où sont stockés ou utilisés les types de gaz. Le responsable de la sécurité de votre entreprise se fera un plaisir de vous en dire plus sur demande. Les fournisseurs de gaz et les associations professionnelles fournissent également des conseils complets sur la manipulation et le stockage des récipients sous pression.

La normalisation à l'échelle européenne de l'étiquetage conformément à la norme EN 1089 partie 3, qui stipule un code couleur en plus d'un étiquetage clair sur la zone d'épaule de la bouteille, est utile lors de la classification des bouteilles de gaz. Les gaz nobles industriels et leurs mélanges entre eux et avec l'air comprimé se reconnaissent donc à la couleur grise de la bouteille elle-même avec une épaule vert vif, l'argon particulièrement pur ayant une épaule vert foncé. Dans le cas de bouteilles de gaz spécialement testées avec un niveau de pureté de gaz particulièrement élevé pour un usage médical, en revanche, le corps de la bouteille est blanc. Il n'y a pas d'exigences légales contraignantes en dehors de l'Europe.

Contrairement au type de gaz, le degré de pureté des qualités de gaz proposées est largement sans importance pour le fabricant de vitrage isolant, qui se préoccupe généralement d'un taux de remplissage de gaz de 88 à 96 %. Tous les niveaux de pureté Argon, Krypton ou Xénon disponibles sur le marché sont d'une pureté et d'une siccité suffisantes pour être bien adaptés aux remplissages de gaz jusqu'à 97%. La disponibilité et le prix (y compris le transport et la location) doivent donc être décisifs lors de votre sélection.

Qualité du produit	Pureté (Vol. %)
Argon 3.0	> 99.9
Argon 4.0	> 99.99
Argon 4.6	> 99.996
Argon 4.8	> 99.998
Argon 5.0	> 99.999

Il y a eu un certain nombre de fusions entre les fabricants mondiaux de gaz industriels au cours des 10 dernières années, après quoi il ne restait plus que 4 groupes, le groupe LINDE/BOC/Praxair, le groupe Mitsubishi/Taiyo Nippon Sanso, Air Liquide/Messer/Airgas Group et le groupe AirProducts/Tyczka se partagent désormais 80 % du marché mondial des gaz techniques. De ce fait, la tarification et la capacité à livrer du krypton et du xénon, mais aussi de l'argon, sont peu transparentes et sujettes à des fluctuations fortes mais peu plausibles tant au niveau régional qu'à moyen terme.

Par exemple, les prix d'achat de l'industrie allemande du verre isolant pour le krypton ont fluctué d'un facteur 10 au cours des 10 dernières années ; Même si l'argon est toujours facilement disponible, la plage de fluctuation des coûts du gaz, y compris les frais de manutention et les loyers, est dépendante de la quantité, mais surtout différente selon les régions, également d'un facteur supérieur à 10, ce qui est très surprenant pour un produit aussi facilement disponible. Il est donc conseillé d'obtenir plusieurs offres lors de l'achat de gaz - notamment avec des produits aussi chers que le krypton ou le xénon - et, le cas échéant, d'envisager la livraison depuis les pays voisins afin de ne pas être à la merci de structures de livraison parfois monopolistiques.

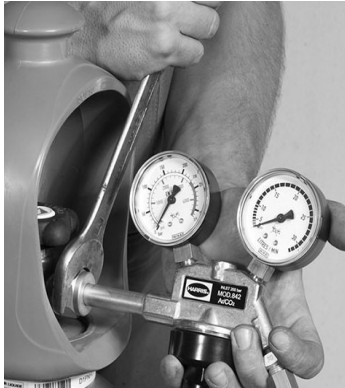


Selon la consommation, le gaz peut être livré en bouteilles de 10 l, 20 l ou 50 l ou en faisceaux. La pression de remplissage de ces récipients sous pression est généralement de 200 bars, bien qu'il existe également des bouteilles de 300 bars. Cette compression élevée permet de transporter de grandes quantités de gaz de manière peu encombrante, même si nos dispositifs de remplissage de gaz se débrouillent avec une pression d'entrée nettement inférieure.



Étant donné que la manipulation des tuyaux de gaz dans cette plage de haute pression n'est pas sans problème, la pression directement à la sortie de la bouteille de gaz est considérablement réduite en utilisant un réducteur de pression approprié.

**Sur la base des nombreuses expériences des dernières décennies, nous recommandons fortement l'utilisation des réducteurs de pression que nous fournissons gratuitement, afin d'éliminer les dysfonctionnements et les malentendus.**



Malheureusement, le type de raccord vissé sur la bouteille de gaz est soumis à différentes normes nationales, bien que l'internationalisation des normes habituelles ici ne soit pas probable dans un avenir prévisible. Le résumé suivant donne un aperçu approximatif de ces assemblages vissés, bien que dans de nombreux pays, il ne soit en aucun cas réglementé quelle norme peut ou doit s'appliquer. En particulier en Europe de l'Est ou en Asie, selon le fournisseur de gaz, des normes italiennes, françaises, britanniques, espagnoles, d'Europe centrale ou complètement différentes sont utilisées. Dans le monde entier, seul le filetage à droite est uniforme pour les gaz ininflammables.

Les détendeurs de bouteille ont souvent un écrou-raccord, comme en Allemagne:

**W 21,8 x 1/14" EXT RH (Allemagne, DIN 477-6) pour argon, krypton et xénon,**  
**W 21,7 x 1/14" EXT RH (Espagne, ITC EP-6 Tipo C) pour argon, krypton, xénon,**  
**W 21,8 x 1/14" EXT RH (NL NEN 3268, RU 1) pour krypton et xénon,**  
**W 24.32 x 1/14" EXT RH (NL NEN 3268, RU 3) pour argon, krypton et xénon,**  
**SI 21.7 x 1.814 EXT RH (France, AFNOR / NF - C) pour l'argon, krypton, xénon.**

Dans de nombreux pays, par contre, les détendeurs ont un filetage extérieur en standard :

**SI 21,7 x 1,814 INT RH (Italie UNI 11144-5 / 4409) pour le krypton et le xénon,**  
**W 24,51 - 1/14" INT RH (Italie UNI 11144-8 / 4412-1) pour l'argon,**  
**G 5/8" INT RH (Grande-Bretagne, BSI 341-3 et Australie, AS 2473.2),**  
**BSP 5/8" INT RH (Argentine, IRAM 2539 n° 3),**  
**NGO 0.960"-14 INT RH (Brésil, ABNT 245-1)**  
**NGO 0.965"-14 INT RH (USA, CGA 580)**

Au niveau international, des tentatives sont en cours avec l'ISO 5145-4 pour s'accorder sur le fil W 24 x 2 13,3 - 14,7 EXT RH pour l'argon et le krypton, tandis que pour le xénon cela pourrait être avec l'ISO 5145-1 à l'avenir donner un fil L 24 x 2 11,2 - 16,8 EXT DR.

**Cette variété de normes est très gênante dans notre cas**, les plongeurs loisirs sont également habitués à ce problème gênant avec les raccords de leurs bouteilles de gaz.

Nous regrettons que, lors de la livraison du détendeur approprié, il arrive parfois que les bouteilles de gaz disponibles chez le client ne correspondent pas au détendeur. Par sécurité, nous demandons donc à nos clients de nous mettre en contact avec le fournisseur de gaz prévu pour assurer la livraison du bon régulateur de pression.

En revanche, il y a souvent des problèmes avec les détendeurs de bouteilles des fournisseurs de gaz locaux car ils proposent rarement de vrais détendeurs de pression, mais les détendeurs de débit habituels à l'argon pour le soudage, avec des débits de gaz beaucoup trop faibles. En conséquence, nos dispositifs de remplissage de gaz sont sévèrement limités dans l'approvisionnement en gaz et affichent l'alarme avec une tonalité continue que l'approvisionnement en gaz est insuffisant.



La différence entre un régulateur de pression et un régulateur de débit est facile à voir sur le deuxième manomètre. Dans les deux systèmes, le premier manomètre côté bouteille sert à vérifier la pression de la bouteille et donc le niveau de remplissage de la bouteille.

Avec un régulateur de pression, le manomètre côté sortie indique la pression de sortie réglée avec le bouton rotatif en bas dans l'unité imprimée **bar** ou **psi**.

Dans le cas d'un contrôleur de débit, par contre, le deuxième instrument indique le débit maximal dans l'unité imprimée **l/min (argon)**.

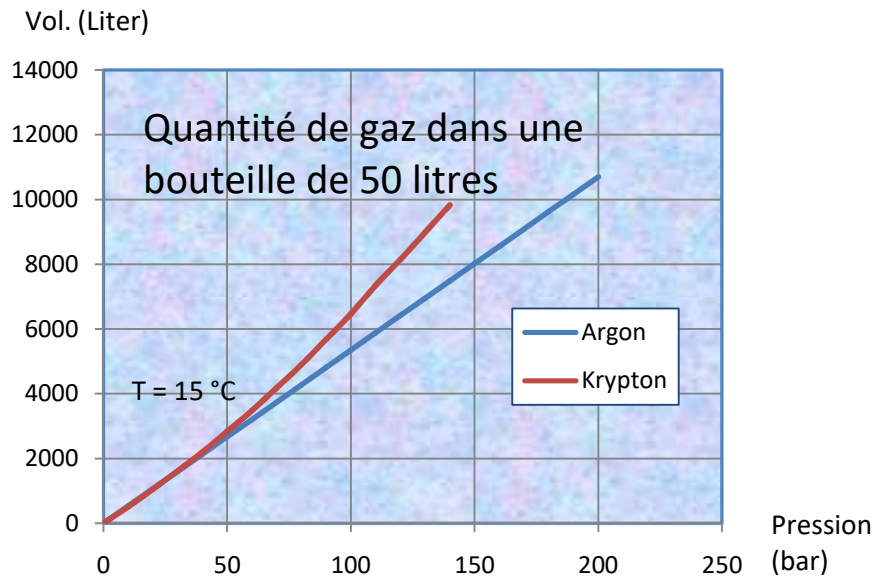
Le **psi**, qui est principalement utilisé dans les pays anglo-américains, est converti en l'unité **bar**, qui est encore souvent utilisée en Allemagne et a été en fait remplacée par SI-unité **Pa**, comme suit :

$$1 \text{ bar} = 1\,000 \text{ mbar} = 1\,000 \text{ hPa} = 100\,000 \text{ Pa} = 14,5 \text{ psi (pound/square inch)}$$

D'ailleurs, lors de l'utilisation du régulateur de pression, n'oubliez pas d'ouvrir complètement la petite vanne de sortie noire du régulateur de pression de la bouteille afin de ne pas réduire inutilement le débit de gaz maximal.

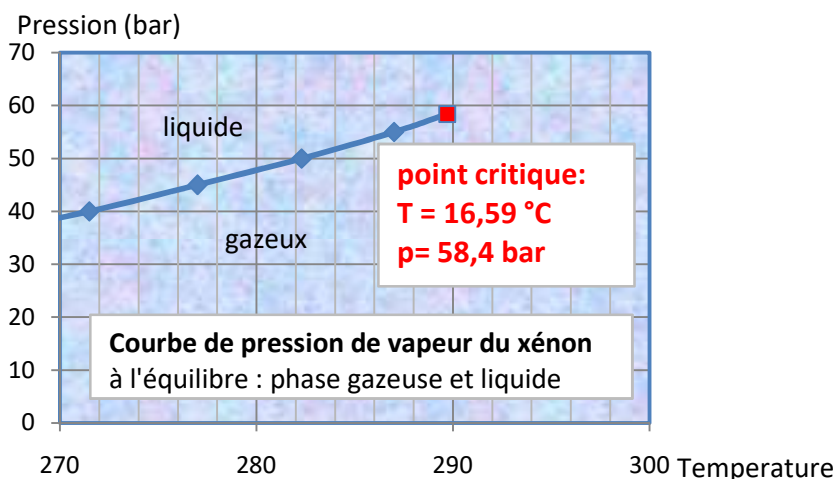
Nos dispositifs de remplissage de gaz indiquent également cette limitation de l'alimentation en gaz avec une alarme sonore continue si l'alimentation en gaz est insuffisante.

Dans une approximation grossière, le volume de gaz dans la bouteille - en utilisant la loi des gaz parfaits  $p \cdot V = \text{const.}$  - dans le cas de l'argon et du krypton, supérieur au volume intérieur de la bouteille de gaz du facteur indiqué en bar par le manomètre de la bouteille. Avec une bouteille de gaz de 50 l avec un indicateur de remplissage de 200 bar, vous pouvez supposer une quantité de gaz utilisable de  $200 \times 50 \text{ l} = 10\,000 \text{ l}$ , ce qui correspond au volume intérieur de 700 vitrages isolants de 1 mètre carré et d'une entretoise de 14 mm.



Dans le cas de l'argon, cette simple estimation sous-estime la quantité de gaz réellement présente dans la bouteille jusqu'à 7 %, et dans le cas du krypton de près de 30 %, puisque les deux gaz dans la bouteille sont gazeux à température ambiante mais seulement approximativement. Correspondent à la loi des gaz parfaits. L'écart est encore plus important pour le xénon, pour lequel ce calcul ne peut fournir qu'une estimation grossière bien en dessous de 40 bars environ.

Avec le xénon - en raison de sa courbe de pression de vapeur spéciale - en dessous de son point critique à 58,4 bar et 16,59 °C, seule la partie supérieure du contenu de la bouteille est gazeuse, le reste au fond de la bouteille est du xénon à l'état liquide.





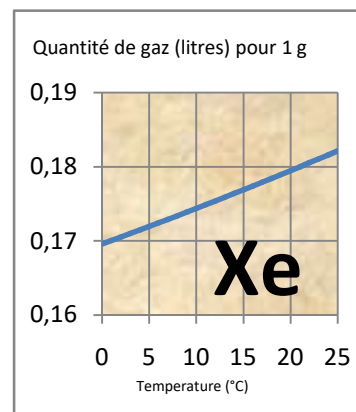
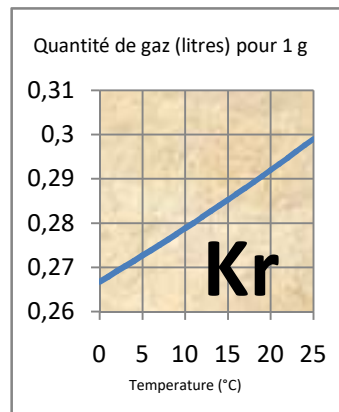
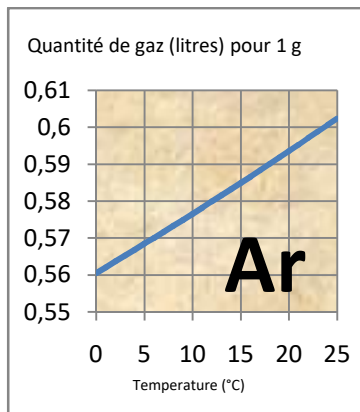
Lors du retrait (remarque : uniquement des bouteilles debout, par le haut, c'est-à-dire de la phase gazeuse !), une partie du xénon liquide s'évapore, mais la pression de la bouteille reste presque inchangée - jusqu'à ce que toute la partie liquide se soit évaporée. Avec un affichage de pression de plus de 50 bars, on ne peut donc estimer qu'approximativement qu'il reste plus de 50 fois le volume de la bouteille dans la bouteille. Avec le xénon, les valeurs exactes ne peuvent pas être dérivées d'une mesure de pression de cylindre.

La quantité de remplissage dans la bouteille ou la quantité de gaz inerte effectivement utilisée pour remplir un disque peut être déterminée plus précisément à l'aide d'une échelle spéciale, que nous sommes heureux de vous proposer comme accessoire spécial pour surveiller les pertes de gaz lors du remplissage de gaz.



La précision de mesure réalisable d'une mesure de consommation volumique par pesée (précision à 1 g) est d'environ 0,6 litre pour l'argon, d'environ 0,3 litre pour le krypton et d'environ 0,2 litre pour le xénon, de sorte qu'au cours de la pesée de la bouteille de gaz, des mesures précises de perte de gaz sont possible.

Une attention particulière doit être accordée à la dépendance à la température de la densité du gaz :



Incidemment, les remarques ci-dessus s'appliquent également de manière analogue aux bouteilles de gaz de 300 bars qui sont également parfois proposées en Allemagne, il n'est donc pas surprenant que ces bouteilles de gaz en Allemagne aient nécessairement leur propre norme de raccordement à vis, qui n'a encore été imitée nulle part dans le monde.

Une alternative à l'alimentation en bouteilles ou conteneurs de gaz, notamment pour l'argon, est d'utiliser des réservoirs alimentés en argon liquide.

La capacité de ces réservoirs est généralement de 2 500 000 à 50 000 000 litres de gaz, le contenu d'au moins 1 à 10 bouteilles de gaz typiques de 50 l étant vaporisé puis utilisé ou libéré à l'air libre.

Les réservoirs d'argon ne conviennent donc économiquement qu'aux fabricants de verre isolant avec une production régulière et moyenne de bien plus de 500 mètres carrés de doubles vitrages remplis d'argon ou de 250 mètres carrés de triples vitrages remplis d'argon.

Aux points d'extraction de gaz des systèmes de tuyauterie basés sur des réservoirs, il y a des réducteurs de pression normaux - analogues aux bouteilles de gaz et aux batteries de bouteilles - afin d'abaisser la pression du gaz à la sortie du réservoir à la pression de service appropriée et la plus basse possible de notre système de remplissage de gaz.