

# Note d'information : Adsorption modulée en pression, adsorption modulée en pression sous vide et adsorption modulée sous vide

Date de publication : 30 août 2023

## 1. Introduction

L'objectif de ce document est de définir les trois différents systèmes couramment utilisés pour produire de l'oxygène dans un hôpital :

1. Adsorption modulée en pression (*Pressure Swing Adsorption* ou PSA).
2. Adsorption modulée en pression sous vide (*Vacuum Pressure Swing Adsorption* ou VPSA).
3. Adsorption modulée sous vide (*Vacuum Swing Adsorption* ou VSA).

### Similarités entre les trois systèmes

Les usines PSA, VPSA et VSA produisent toutes de l'oxygène de grande pureté (environ 93 %) en séparant l'oxygène de l'azote dans l'air atmosphérique. Les trois systèmes y parviennent en passant de l'air comprimé à travers un lit granulaire spécialisé connu sous le nom de zéolite. Sous pression, l'azote se colle à la surface de la zéolite. Ainsi, la zéolite agit comme un filtre éliminant la plus grande partie ou la totalité de l'azote du flux d'air, permettant de récupérer de l'oxygène de grande pureté à la sortie. Dans un générateur d'oxygène, de nombreux petits morceaux de zéolite remplissent un réservoir, appelés cuves à tamis. L'air sous pression traverse les cuves à tamis du générateur d'oxygène et l'azote se colle à la zéolite. Une fois la zéolite saturée d'azote, ce dernier peut être éliminé en abaissant la pression dans le générateur d'oxygène. À basse pression, l'azote se détache de la surface de la zéolite. Une fois que l'azote a été retiré de la zéolite, la zéolite est prête à répéter le processus pour filtrer plus d'air et produire plus d'oxygène, créant un cycle continu.

Ce processus fondamental de séparation de l'air est identique entre les PSA, VPSA et VSA. Ces trois systèmes diffèrent en termes de pression et d'équipement utilisé pour permettre la séparation.

### Adsorption modulée en pression (*Pressure Swing Adsorption* ou PSA)

Dans une usine de PSA, il existe deux cuves à tamis dans le générateur d'oxygène. Un compresseur pressurise l'air entrant à une haute pression (4.5 à 7 bar). Un sécheur d'air est nécessaire parce que l'humidité dans l'air se condense à des pressions élevées. Les deux lits à tamis alternent en produisant de l'oxygène et

en libérant de l'azote dans l'air extérieur pour créer une production presque continue d'oxygène. Étant donné que la pression d'air entrant est élevée, la pression d'oxygène à l'extrémité du système est suffisamment élevée pour être envoyée directement aux prises d'oxygène murales (3.5 à 5 bar).

### **Adsorption modulée en pression sous vide (*Vacuum Pressure Swing Adsorption* ou *VPSA*)**

Dans une usine VPSA, il existe deux cuves à tamis dans le générateur d'oxygène. Il y a deux éléments de traitement de l'air : un compresseur de lobes et une pompe à vide (généralement un compresseur de lobes supplémentaire qui tire). L'air pénètre dans les deux cuves à tamis sous basse pression (environ 1 bar) à partir du compresseur à lobes. L'azote est évacué des cuves par la pompe à vide à une pression inférieure à celle ambiante. La pression d'oxygène à l'extrémité du système n'est pas suffisante pour être distribuée directement aux prises d'oxygène murales. Un compresseur d'oxygène supplémentaire est nécessaire pour augmenter la pression de la tuyauterie d'alimentation directe.

### **Adsorption modulée sous vide (*Vacuum Swing Adsorption* ou *VSA*)**

Dans une usine VSA, il y a une cuve à tamis dans le générateur d'oxygène. Un compresseur à lobes est le seul élément de traitement de l'air. L'air pénètre dans le réservoir de la cuve simple sous basse pression (environ 0,7 bar) à partir du compresseur à lobes. L'azote est évacué de la cuve par le même compresseur à lobes (soit en marche arrière, soit en utilisant des soupapes pour commuter l'entrée et la sortie). La pression d'oxygène à l'extrémité du système n'est pas suffisante pour être envoyée directement aux prises d'oxygène



murales. Un compresseur d'oxygène supplémentaire est nécessaire pour augmenter la pression de l'oxygène dans la tuyauterie d'alimentation directe.

Figure 1 : Usine PSA



Figure 2 : Usine VPSA



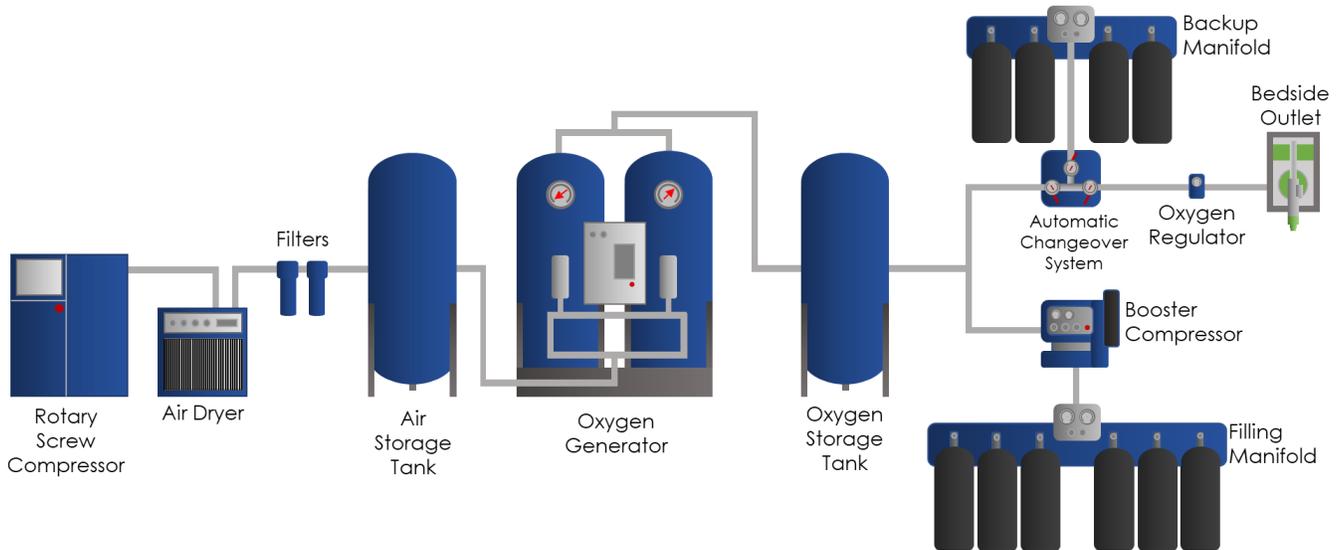
Figure 1 : Usine VSA

## 2. Comparaison des technologies

Le tableau suivant compare les trois technologies de génération d'oxygène :

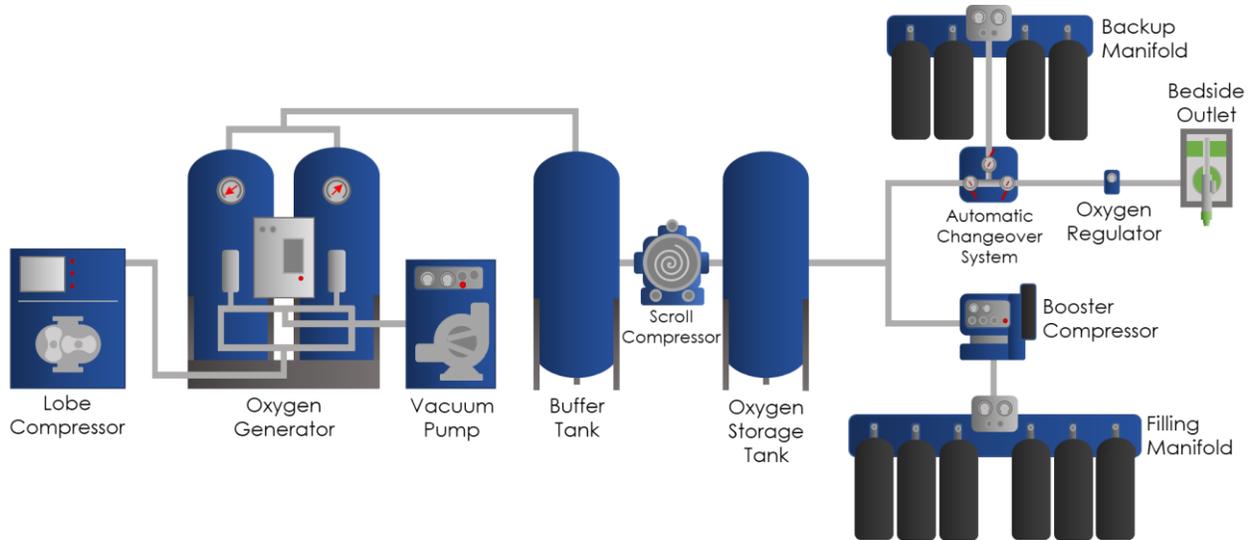
Technologie	Nombre de cuves à tamis	Gestion de l'air	Pression de sortie pour la tuyauterie
PSA	2	Compresseur à vis rotative et sécheur d'air	La pression de sortie du générateur d'oxygène est suffisante pour la distribution par tuyaux.
VPSA	2	Compresseur à lobes et pompe à vide	La pression de sortie du générateur d'oxygène est faible. Un compresseur haute pression supplémentaire est nécessaire pour la distribution par tuyaux.
VSA	1	Compresseur à lobes (aussi appelé soufflante réversible)	La pression de sortie du générateur d'oxygène est faible. Un compresseur à haute pression supplémentaire est nécessaire pour la distribution par tuyaux.

## PSA



Dans une usine PSA, le système d'admission d'air est le compresseur à vis rotative, le sécheur d'air et les filtres. Ces composants compriment l'air de 4.5 à 7 bar et éliminent l'huile et l'eau. Il y a un réservoir de stockage d'air avant le générateur d'oxygène. L'air entre dans le générateur d'oxygène, traverse la zéolithe et l'oxygène sort des réservoirs à lit de tamisage de manière automatique parce qu'il est sous haute pression. L'oxygène est stocké dans un réservoir de stockage autour de 3.5 à 5 bar. À partir de ce moment, l'oxygène peut être alimenté au réseau d'oxygène de l'hôpital ou au collecteur haute pression pour remplir les cylindres.

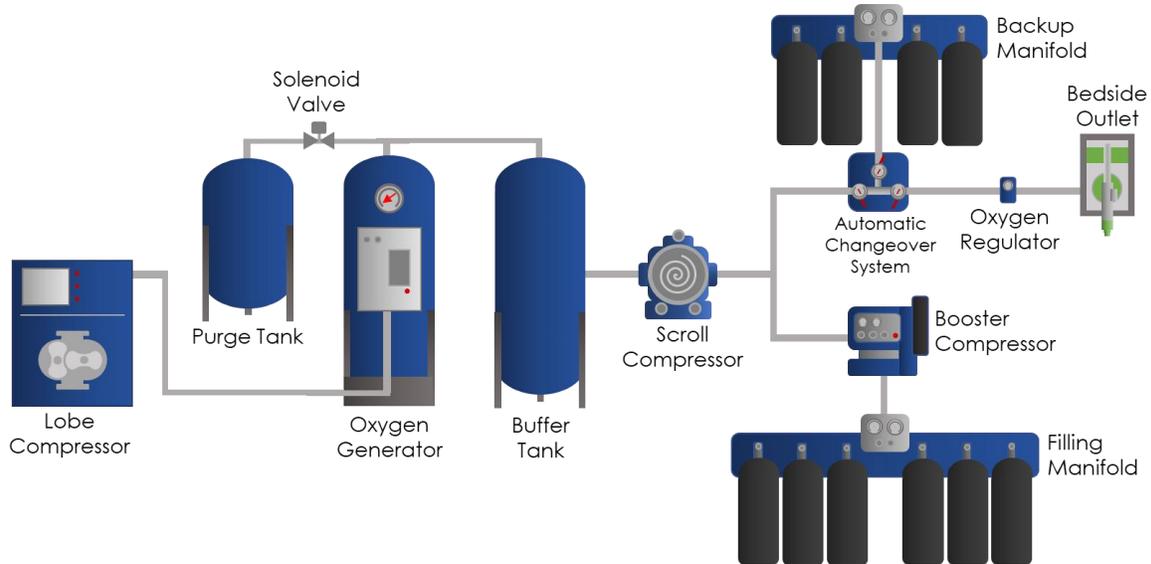
## VPSA



Dans une usine VPSA, il y a un compresseur à lobes avant que le générateur d'oxygène ne pousse l'air dans le générateur d'oxygène. Une pompe à vide est nécessaire après le générateur d'oxygène pour extraire l'oxygène des cuves de tamis. L'oxygène est ensuite acheminé vers un réservoir tampon à environ 1 bar. L'oxygène est ensuite pressurisé à 5 bars par un compresseur à vis rotative et stocké dans un réservoir d'oxygène à 5 bars. Si une pression supplémentaire est nécessaire (par exemple, pour les systèmes

fonctionnant à 10 à 12 bars), de l'équipement de pressurisation supplémentaire est ajouté ici. À partir de ce moment, l'oxygène peut être alimenté au réseau d'oxygène de l'hôpital ou au détendeur haute pression pour remplir les cylindres.

## VSA



Dans une usine VSA, il y a un compresseur à lobes qui pousse l'air dans le générateur d'oxygène et retire l'oxygène de la génératrice d'oxygène. À la suite du générateur d'oxygène, l'oxygène est stocké dans un réservoir tampon à environ 0,7 bar. L'oxygène sort du réservoir tampon et est pressurisé autour de 3 à 7 bars par un compresseur à vis rotative. À partir de ce moment, l'oxygène peut être alimenté au réseau d'oxygène de l'hôpital ou au collecteur haute pression pour remplir les cylindres.

### 3. Avantages et inconvénients

Technologie	Avantages	Inconvénients
PSA	<ul style="list-style-type: none"> <li>L'oxygène sort du générateur d'oxygène à la bonne pression pour la distribution par tuyau, soit à environ 4 bar, ce qui est habituellement approprié pour l'alimentation directe. Il n'est pas nécessaire de fournir un compresseur d'oxygène supplémentaire.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Les grandes usines PSA peuvent avoir des courants de démarrage électriques élevés en raison des compresseurs d'air. Le groupe électrogène et les appareillages électriques doivent être dimensionnés pour ces courants de démarrage</li> <li>D'autres filtres sont requis dans le système en raison de la présence d'huile dans le compresseur à vis</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Base de connaissances plus large en raison des composantes plus courantes.</li> <li>● Chaînes d'approvisionnement et des réseaux de services plus établis.</li> </ul>	<p>rotative, et ces filtres devront être remplacés.</p>
VPSA	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Consommation d'énergie moyenne plus faible (s'applique généralement à une plus grande échelle, minimum de 60 Nm<sup>3</sup>/h) comparé aux usines PSA.</li> <li>● Risque moins élevé de condensation en raison de pressions de fonctionnement plus faibles que les usines de PSA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Nécessite un compresseur d'appoint à oxygène sans huile pour la distribution qui peut être plus difficile à entretenir.</li> <li>● Des cas de faible pureté ont été signalés avec ces systèmes. De ce fait, certains fabricants notent que cette technologie est plus appropriée pour les applications industrielles importantes.</li> <li>● Dans les pays où de telles usines ne sont pas communes, les chaînes d'approvisionnement et le soutien à l'entretien des pièces de rechange peuvent ne pas être optimaux.</li> </ul>
VSA	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Consommation d'énergie moyenne inférieure par rapport aux usines PSA. Cependant, il est possible que les petites usines ne réalisent pas d'économies d'énergie.</li> <li>● Risque moins élevé de condensation en raison de pressions de fonctionnement plus faibles que les usines de PSA.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● Le courant de démarrage est le même que celui des usines PSA. Nécessite la même taille de générateur et d'appareillage électrique que l'usine PSA.</li> <li>● Nécessite un compresseur d'appoint à oxygène sans huile pour la distribution.</li> <li>● Nécessite des outils d'entretien hautement spécialisés.</li> <li>● Dans les pays où de telles usines ne sont pas communes, les chaînes d'approvisionnement et le soutien à l'entretien des pièces de rechange peuvent ne pas être optimaux.</li> </ul>

## 4. Recommandation générale

Lorsque l'on choisit la technologie qui convient le mieux à un contexte particulier, le facteur le plus important à prendre en considération est le type de technologie de production d'oxygène déjà courant et fonctionnel dans la région. Si des usines d'oxygène existantes fonctionnent bien, BHI recommande de poursuivre la recherche vers des usines d'oxygène de la même technologie afin de normaliser les outils, les compétences et l'expertise nécessaires à l'entretien de l'équipement. Le bon fonctionnement des usines d'oxygène dans la région indique qu'il existe des techniciens qui possèdent les connaissances nécessaires pour entretenir cette technologie particulière dans la région. De plus, cela indique qu'une chaîne d'approvisionnement est établie pour les pièces de rechange. En général, les entités qui reçoivent des usines d'oxygène devraient se procurer une technologie familière qui a des antécédents de succès dans leur pays et dans leur région.