



# Feuille d'info Traitement

De nos jours, la qualité de l'air comprimé non traité est la plupart du temps insuffisante pour les applications envisagées et risquerait de diminuer la qualité des produits en relation avec son utilisation. Une qualité inadaptée peut conduire à des défaillances sur les chaînes de production allant jusqu'au rebus de la production. C'est l'application qui fixe la qualité de l'air comprimé à envisager.

Classe	Nombre maximum de particules/m <sup>3</sup>			Point de Rosée (°C)	Teneur résiduelle en huile (mg/m <sup>3</sup> )
	0,1 < d ≤ 0,5	0,5 < d ≤ 1	1 < d ≤ 5		
0	spezifiziert gemäss Anwendung und besser als Klasse 1				
1	100	1	0	≤ -70	0,01
2	100.000	1.000	10	≤ -40	0,1
3	–	10.000	500	≤ -20	1
4	–	–	1.000	≤ +3	5
5	–	–	20.000	≤ +7	–

Tableau 1 : Classes de qualité d'après la Norme DIN ISO 8573-1:2001

Les quantités maximales en particules, en eau et en huile sont séparées en classes de qualité dans la norme DIN ISO 8573-1 (édition 2001). Les fabricants d'appareils utilisant l'air comprimé peuvent ainsi définir la qualité nécessaire.

## Assèchement de l'air comprimé

Les différents procédés d'assèchement de l'air comprimé peuvent être classés en différentes catégories indiquées sur la figure 1. En considérant le point de rosée accessible ainsi que l'énergie nécessaire selon le type de système, le besoin en énergie pourra être fourni soit par l'air comprimé soit par l'électricité.

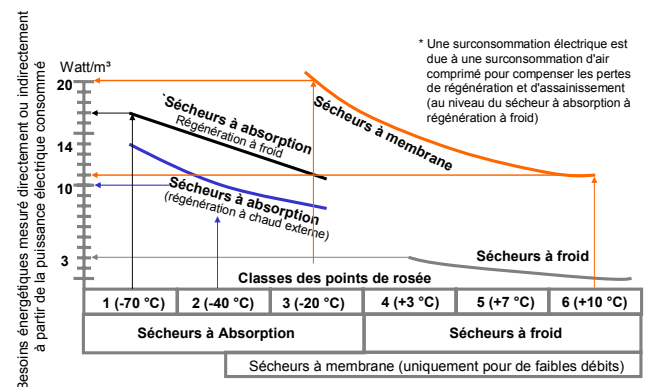


Figure 1 : Procédés d'assèchement de l'air comprimé

### Sécheur à froid

Les sécheurs à froid sont aujourd'hui les sécheurs standards dans les systèmes à air comprimé. Ils sont aussi importants que les générateurs d'air comprimé eux-mêmes. En outre cela représente le procédé le plus économique pour la multitude des applications.

Principes physiques :

Quand la température chute, la capacité de l'air à conduire l'eau diminue. La vapeur d'eau se condense alors. Le sécheur à froid retient la vapeur d'eau présente dans l'air comprimé. L'air comprimé est refroidi dans un système à échangeurs de chaleur. La vapeur d'eau et la vapeur d'huile sont obtenues par condensation, et l'huile par coagulation et coalescence. Des systèmes recueillent par écoulement la condensation.

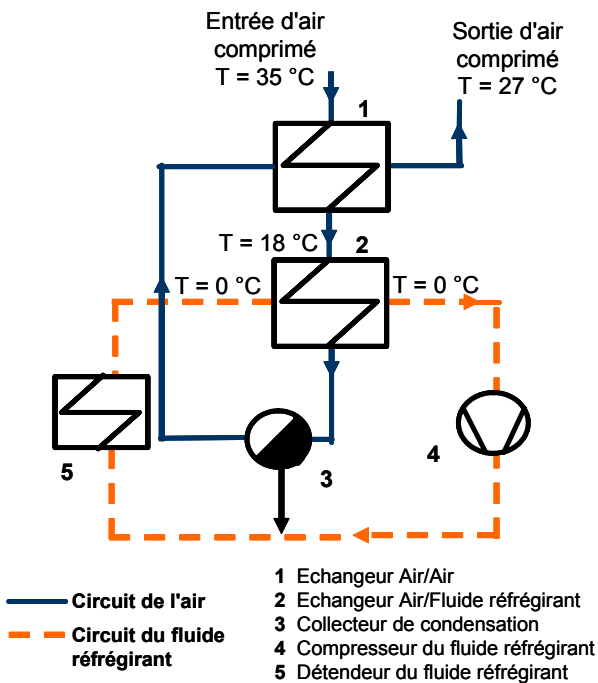


Figure 2 : Principe de fonctionnement du sécheur à froid

L'assèchement à froid économique de l'air comprimé se déroule en deux phases. Dans la première, l'air comprimé chaud entrant dans l'échangeur de chaleur air/air est refroidi grâce à un autre courant d'air comprimé froid et sortant. Environ 70 % de la vapeur d'eau est ici extraite. Dans la deuxième phase, l'air comprimé traverse un échangeur de chaleur air/réfrigérant. Ici a lieu la séparation de la condensation et de l'air comprimé. Le capteur de condensation est ensuite actionné.

Des systèmes d'échangeurs de chaleur intégrés qui regroupent les échangeurs air/air, air/réfrigérant, et les capteurs de condensation dans un seul bloc, sont plus efficaces par rapport à des blocs séparés, et cela grâce aux faibles différences de pression.

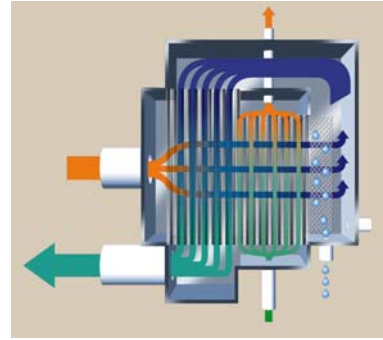


Figure 3 : Echangeur de chaleur à capteur de condensation intégré (Demister)

### Sécheur à absorption

Les sécheurs à absorption extraient l'humidité transportée dans l'air comprimé en utilisant un agent dessiccant. Pendant que dans le premier réservoir a lieu l'absorption, la régénération de l'agent dessiccant se déroule au même moment avec succès dans le second réservoir. Des points de rosée compris entre  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  et  $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$  sont atteints avec des produits standards. On dispose de divers procédés pour la régénération. On peut distinguer deux types d'adsorption de régénération : la régénération à chaud et la régénération à froid.

#### Régénération à froid

Pour la régénération du sécheur à adsorption, une partie de l'air comprimé déjà refroidi est détendue dans l'air atmosphérique.

- + Technique simple
- + Faibles coûts d'investissements
- Consommation d'air comprimé
- Frais de fonctionnement élevés.

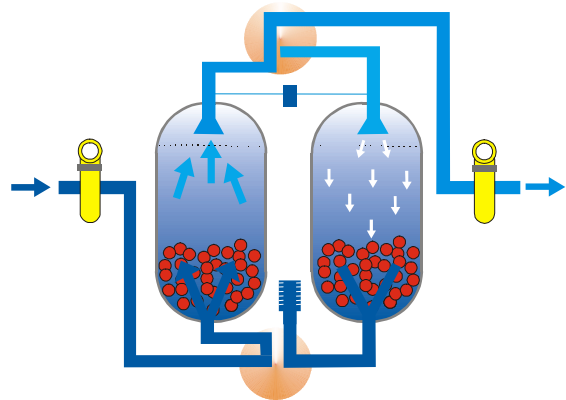


Figure 4 : Régénération à froid

### Régénération à chaud

La régénération à chaud s'effectue avec de l'air ambiant réchauffé ou de l'air provenant du système.

Régénération à ventilateur :

Dans la phase de chauffage, un ventilateur aspire l'air ambiant et le propulse dans le chauffage. L'air réchauffé transporte l'humidité du matériau asséchant. Pour le refroidissement, l'air comprimé et l'air ambiant sont utilisés.

- + Peu de frais de fonctionnement avec le chauffage par la vapeur ou l'électricité.
- Consommation d'air comprimé dans la phase de refroidissement.

Régénération de chaleur sans consommation d'air comprimé :

En modifiant le dispositif ou la procédure, le lit d'agent déshydratant peut être refroidi avec l'air ambiant. On distingue parmi les sécheurs à adsorption les ventilateurs, les aspirateurs refroidissant ou dispositifs de régénération de vide.

- + Peu de frais de fonctionnement en chauffant à la vapeur ou à l'électricité
- + Pas de consommation d'air comprimé dans la phase de refroidissement
- Investissements élevés
- Si l'air ambiant est très humide, l'utilisation peut être remise en question.

Régénération à l'aide de la chaleur dissipée par le compresseur :

En combinant compresseurs non lubrifiés avec sécheurs à adsorption, la chaleur produite lors du fonctionnement du compresseur peut être réutilisée dans le processus de régénération du sécheur à adsorption. Des points de rosée à partir de  $-30^{\circ}\text{C}$  et au dessus sont assurés par des compresseurs appropriés.

- + Utilise la chaleur de la compression pour la régénération
- + Pas de consommation d'air comprimé
- Seulement avec des compresseurs non lubrifiés.

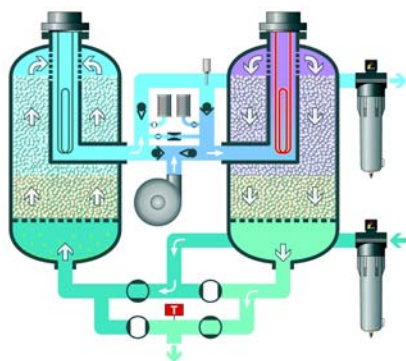


Figure 5 : Régénération à chaud

### Commande

Tous les sécheurs à adsorption, à froid ou à chaud, sont équipés d'un système de commande dépendant du temps. Cela est considéré comme une caractéristique spécifique du fabricant ou d'une commande par programme enregistré (CPE), fonction de l'étendue de la commande requise. En option, il est possible de commander en fonction de la charge. A la sortie du sécheur, un capteur enregistre la variation du point de rosée. Il ajuste automatiquement le cycle du sécheur au comportement de la charge. La commande dépendant de la charge compense d'éventuels fonctionnements à charge partielle et réduit les frais de fonctionnement.

- + Frais de fonctionnement minimaux, même lors de partition de la charge.
- + Mesure du point de rosée de manière continue pour des contrôles qualité.

### Sécheur à membrane

Le sécheur à membrane représente une alternative aux traditionnels sécheurs à froid et à adsorption. Avant tout, il est surtout efficace en tant que sécheur final pour de petites quantités d'air comprimé, pour des applications non continues ou n'utilisant pas d'électricité.

La partie centrale de ce sécheur à membrane est constituée de tubes creux en polymère qui laisse facilement diffuser la vapeur d'eau à travers les parois.

### Filtration

Elle est mise en œuvre afin d'éliminer les impuretés pouvant avoir des conséquences néfastes sur la qualité de l'air comprimé.

Ces impuretés sont notamment de la vapeur d'huile, provenant des compresseurs lubrifiés ou à injection d'huile, ou bien des particules solides ou des polluants à base d'hydrocarbures, tout cela provenant de l'air ambiant. Ces polluants se retrouvent ensuite présents dans l'air comprimé sous forme concentrée. Afin de garantir la qualité de l'air comprimé actuellement requise, un traitement est absolument nécessaire.

Grâce à une plus grande considération de l'environnement ainsi qu'à des mesures renforcées de protection de la santé sur le lieu de travail, des exigences sont également requises en ce qui concerne les quantités d'air comprimé émises par chaque composant, en particulier en ce qui concerne la teneur en vapeur d'huile relâchée dans l'air ambiant directement à partir d'un vérin ou d'un gicleur.

Les filtres consomment eux aussi de l'énergie. Bien qu'il n'y ait pas d'apport d'énergie dans un filtre, une

consommation a quand même lieu à cause de la chute de pression (différence de pression). Elle doit être approvisionnée par le compresseur situé en amont du filtre. La règle suivante prévaut :

**Plus le degré de filtration est important, c'est à dire plus l'air sera pur à la sortie du filtre, plus grande sera la différence de pression, c'est à dire que le compresseur en amont devra fournir plus d'énergie.**

Les filtres sont donc nécessaires mais coûtent de l'énergie et de l'argent. Il est important de choisir le traitement approprié à l'application en question. La norme ISO 8573-1 ou les constructeurs eux-mêmes peuvent aider à cela. Il est sensé de réfléchir avec soin au degré de pureté de l'air comprimé demandé afin de sélectionner individuellement les filtres avec une différence de pression la plus petite possible pour les applications envisagées. La figure 6 montre les économies potentiellement réalisables. Il y est aussi indiqué les dépenses en énergie causées par les compresseurs en compensant la chute de pression due au filtre. Les frais peuvent s'élever à plusieurs milliers d'Euros par an et franchir le prix d'achat ou les frais d'amortissement de l'élément en question. Grâce au choix du bon filtre avec la différence de pression la plus petite possible, d'énormes économies peuvent alors être réalisées.

Le remplacement en temps voulu des éléments filtrant encrassés par la poussière, et qui possèdent donc une différence de pression accrue, est aussi important. Comme cela est montré à la figure 7, la différence de pression d'un nouveau filtre augmente d'abord plutôt lentement. Plus l'élément se trouve longtemps dans le mécanisme, plus rapidement la différence de pression augmente. Si l'élément n'est pas remplacé à temps, les coûts compensatoires de la différence de pression additionnelle peuvent dépasser très vite le prix même de l'élément de rechange. En règle générale :

**Changement d'élément une fois par an, au plus tard pour une différence de pression de 350 mbar.**

Les filtres à charbon actif sont exclus de cette règle. Pour eux, c'est la règle suivant qui est valable.

**La durée de vie de l'élément ne doit pas dépasser 1500 heures de fonctionnement ou 3 mois, en fonction de la température d'entrée et de la teneur en huile.**

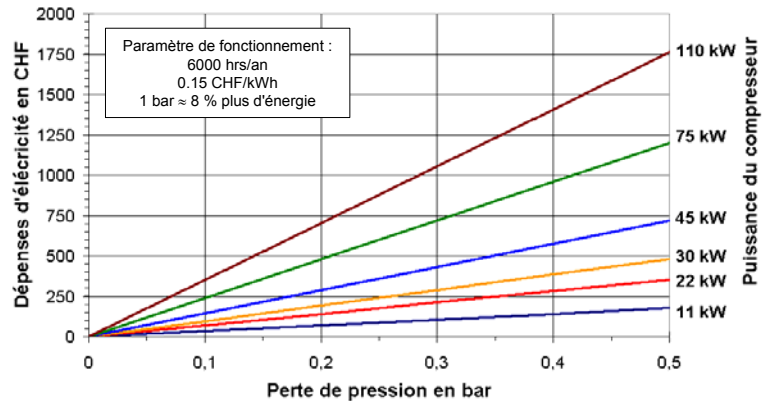


Figure 6 : Coûts d'énergie dus aux chutes de pression

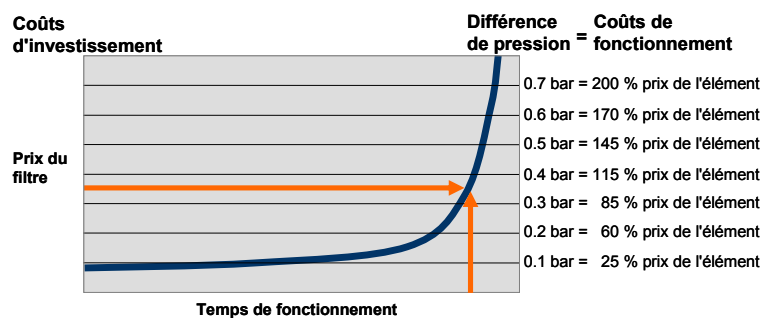


Figure 7 : Comportement typique de la différence de pression ; coûts en énergie par rapport au prix du filtre

Il reste enfin à éclaircir le sujet sur la sécurité lors du fonctionnement d'un filtre. Ce critère dépend d'abord de la qualité des matériaux et substances utilisées, de la qualité de la production et des paramètres constructeurs du filtre. L'élaboration des filtres doit être effectuée individuellement. En résumé les critères pour un filtre sont :

- Efficacité de la filtration**
- + sécurité fonctionnement**
- + différence de pression**
- = frais de fonctionnement**

La somme de ces trois critères donne alors l'ensemble des frais de fonctionnement du filtre, les chutes de coûts dues à l'insuffisance du résultat de la filtration ou d'un mauvais filtre y sont incluses.

### Séparation préliminaire

La première étape lors du traitement d'un système à air comprimé consiste à capter la condensation présente dans celui-ci. Un séparateur centrifuge ou un réservoir pressurisé est placé à la sortie du compresseur. Ce dernier est le système le plus simple. A cause de la réduction de la vitesse du fluide et d'un



refroidissement de l'air comprimé sur la plus grande surface du réservoir, la condensation est alors recueillie au pied de ce dernier et peut alors être éliminée. Le séparateur centrifuge utilise l'inertie de son tourbillon afin d'effectuer la séparation. Les deux systèmes améliorent la performance du traitement de l'air comprimé, car d'importantes quantités de condensation peuvent être ici enlevées. Les deux composants ne remplacent pas le sécheur d'air car après cette séparation, l'air est saturé à 100% de vapeur d'eau et à chaque refroidissement de l'eau se formera.

### Technique de condensation

La condensation est un résidu qui se forme obligatoirement à la production d'air comprimé. Cette condensation résulte de l'humidité contenue dans l'air. Cette humidité existe tout d'abord en phase vapeur à cause de la compression et de l'élévation de température qui s'en suit. Comme après la compression seule une fraction du volume initial subsiste, on arrive à une sursaturation de l'air. Par le refroidissement, la vapeur se condense. Cette condensation contient, à part de l'eau et de l'huile, toutes les substances présentes dans l'air ambiant et aspirées au moment de la compression. Celles ci sont sous forme concentrée et conduisent à une contamination de la condensation.

Conséquences de la condensation sur les installations :

La condensation, qu'elle contienne de l'huile ou pas, conduit à de forts dégâts de corrosion dans les conduites ainsi que dans toute l'installation. Alors que la condensation dépourvue d'huile possède une plus forte acidité, la condensation contenant de l'huile a plus un effet de collage. La qualité d'air exigée ne peut plus être atteinte, même pour les petites classes de qualité.

Où la condensation attaque t'elle ?

La condensation attaque donc toujours lorsque la température de l'air comprimé tombe en dessous de celle du point de rosée. Cela se passe au niveau du réfrigérateur aval, du chaudron, du séparateur centrifuge, du filtre, du sécheur tout comme dans les conduites. Les plus grandes quantités de condensation sont obtenues au niveau de la plus grande chute de température.

### Captage de la condensation

En raison des coûts élevés dus aux dégradations résultantes, une grande importance doit être attribuée à la phase de captage de la condensation. Pour le captage de la condensation, trois procédés sont utilisés :

Commande à flotteur :

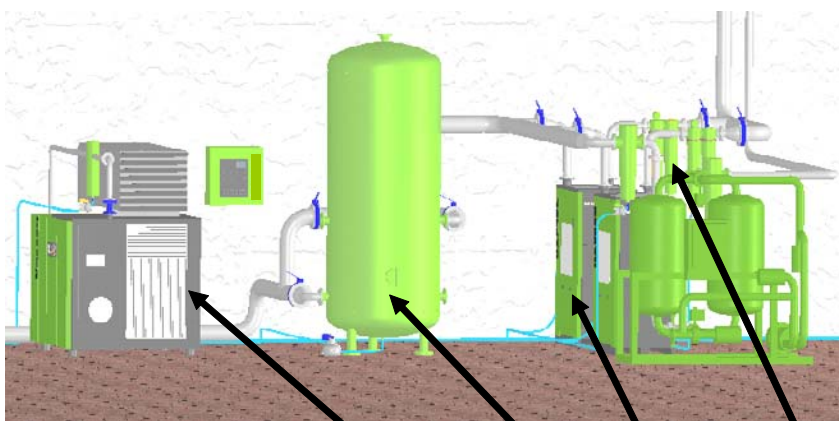
La condensation est recueillie dans un réservoir. Un mécanisme à flotteur ouvre une soupape après la condensation.

- + Peu d'investissement
- Forte sensibilité à la poussière
- Pas de possibilité de surveillance.

Soupape commandée dans le temps :

Une soupape a commande temporelle s'ouvre pendant une durée déterminée.

- + Grande surface d'ouverture
- + Également disponible par forte pression
- Pertes d'air comprimé fortes dépenses en énergie
- Pas de contrôle de fonctionnalité et de surveillance.



Quantité de condensation pour 10 10m <sup>3</sup> normés	Séparateur centrifuge Sous refroidisseur	Réservoir	Refroidisseur à froid	Filtre
Hiver	25 g/m <sup>3</sup>	3,5 g/m <sup>3</sup>	3,5 g/m <sup>3</sup>	--
Printemps/Automne	28 g/m <sup>3</sup>	6 g/m <sup>3</sup>	9,5 g/m <sup>3</sup>	2 g/m <sup>3</sup>
Eté	53 g/m <sup>3</sup>	9,5 g/m <sup>3</sup>	21,5 g/m <sup>3</sup>	3 g/m <sup>3</sup>

Figure 8 : Quantité de condensation en fonction de la saison



Figure 9 : Electrovalve commandé dans le temps

#### Dérivateur électronique à niveau réglable :

Un capteur se trouvant au niveau de la récupération de condensation, après avoir atteint une valeur déterminée, donne le signal de vidage du récupérateur de condensation.

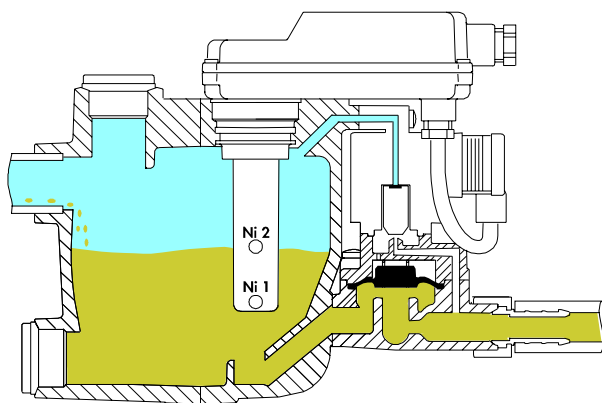


Figure 10 : Défecteur à niveau réglable

- + Économie d'énergie
- + Pas de pertes de pression
- + Indications de perturbation et fonctionnement d'alarme.

#### Traitement de la condensation

La condensation du compresseur est au sens du législateur un déchet important à surveiller obligatoirement. Pour le traitement des résultats de la condensation, le législateur propose deux possibilités au choix : soit la gestion des déchets par des entreprises autorisées, soit un traitement local avec une technique de traitement de la condensation appropriée et autorisés. Les substances condensées sont présentes sous forme de mélange varié eau/huile ou d'émulsion stable. En pratique les procédés suivants se sont imposés.

#### Système statique de séparation eau/huile :

Pour ce procédé la condensation est introduite avec un temps d'attente déterminé dans le réservoir où se déroule la séparation. Les particules d'huile plus légères montent et restent sur la partie supérieure. Les autres particules et les autres substances sont filtrées dans une couche de charbon actif. Ce procédé est toujours satisfaisant lorsque le produit de la condensation se trouve sous forme dispersée.

- + Système simple
- + Amortissement rapide.

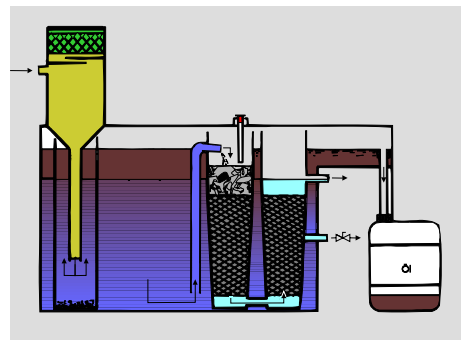


Figure 11 : Système statique de séparation huile/eau

#### Dispositif d'émulsion et de fission :

Pour ce procédé, le condensat préalablement nettoyé subit une réaction à base d'oxyde d'aluminium (substance de séparation). Les électrolytes contenus dans la substance de séparation cassent la liaison eau-huile et ainsi entraîne l'émulsion. Les substances huileuses et les autres particules présentes dans la condensation sont adsorbées par l'oxyde d'aluminium puis sont filtrées et séparées de l'eau. Seule les substances restantes sont amenées au traitement des déchets.

#### Ultrafiltration :

Pour l'ultrafiltration la condensation est filtrée sous pression en circuit fermé à travers une membrane à porosité déterminée. Les particules d'huile sont retenues et concentrées pendant que l'eau est nettoyée. L'eau récupérée peut alors directement être évacuée dans le système d'évacuation des eaux usés. Le concentré émulsif est amené au traitement des déchets.

Dans tous les cas, lors de l'achat d'appareils et de pièces de rechange, il faut prendre garde à la réglementation des pièces mécaniques. Autrement un enlèvement individuel onéreux de l'appareil doit être effectué par les autorités locales.

## Bilan

Le traitement de l'air dans les systèmes à air comprimé est aujourd'hui un traitement standard. L'exigence de base de cette technique de traitement est l'élimination fiable et haut degré des impuretés et de l'humidité contenues dans l'air comprimé. Cette pollution conduit à une baisse de la qualité et des perturbations et même jusqu'à une chute ou une production non utilisable. Le choix d'un système approprié pour une application peut être influencé grâce à la comparaison des produits se trouvant sur le marché, afin de déterminer le prix d'un traitement donné ainsi que les frais de fonctionnement.

Dans le domaine du traitement de l'air comprimé, il est nécessaire avant tout d'atteindre la qualité optimale. Les meilleurs coûts en énergie et en frais de fonctionnement ont lieu lorsque les exigences sont remplies. Si l'exigence n'est pas atteinte, les dépenses en énergie et en frais de fonctionnement augmenteront. Les figures 12 et 13 donnent un aperçu de la manière dont la qualité d'air appropriée peut être atteinte au moyen d'une suite de procédés et du choix des produits de traitement. Le potentiel d'économie réalisable peut aller pour chaque pièce jusqu'à plusieurs milliers de Francs. En particulier grâce au changement régulier des éléments de filtre à l'intérieur de l'intervalle donné, des économies significatives peuvent être atteintes et ainsi il y a possibilité de minimiser les frais de fonctionnement.

L'analyse sérieuse de l'installation à air comprimé déjà implantée ou seulement planifiée est un investissement qui s'amortit rapidement.

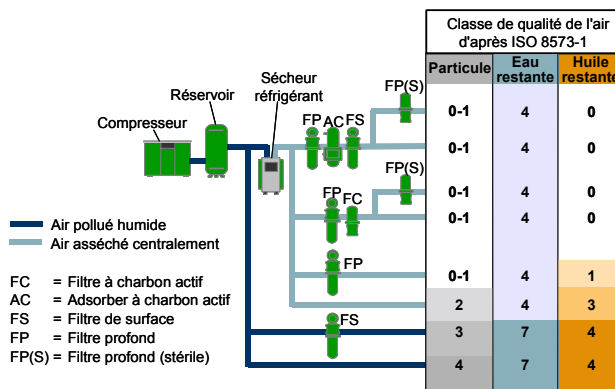


Figure 12 : Qualité de l'air comprimé en insérant un sécheur réfrigérant

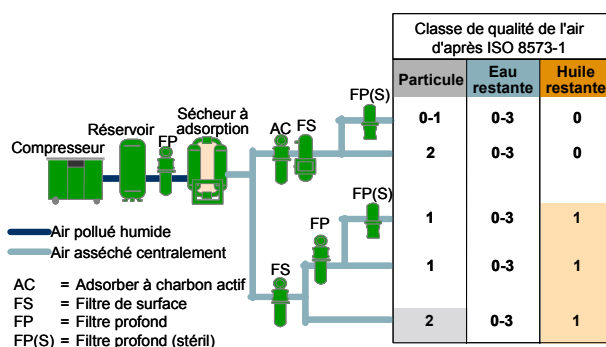


Figure 13 : Qualité de l'air en insérant un sécheur à adsorption

La campagne Suisse air comprimé efficient motive et soutient les utilisateurs de systèmes à air comprimé en Suisse par la mise en œuvre de mesures pour l'amélioration de l'efficacité de la production d'air comprimé. La campagne est conduite par le Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung et est soutenue par l'Office fédéral de l'énergie (OFEN) et le Elektrizitätswerk Zurich (ewz). Elle est intégrée au programme SuisseEnergie. Les entreprises partenaires sont : Airtag, Atlas Copco, Donaldson, Dopag, Kaeser, Oetiker, Pematic, Servatechnik, Vektor.

Vous trouverez de plus amples informations à l'adresse suivante : [www.air-comprime.ch](http://www.air-comprime.ch)

Cette feuille d'informations a été réalisée dans le cadre de la campagne "Druckluft Effizient" qui a eu lieu entre 2001 et 2004 en Allemagne. Cette campagne a été menée par la Deutsche Energie Agentur (dena), le Fraunhofer Institut System- und Innovationsforschung (Fraunhofer ISI, conduite générale du projet), le Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) avec le soutien du Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) et des entreprises (<http://www.druckluft-effizient.de/kontakt/partner/industrie.php>).

© Druckluft effizient / Druckluft Schweiz, Fraunhofer ISI, Karlsruhe/Allemagne, Juin 2006



air comprimé efficient – une campagne de SuisseEnergie  
[www.air-comprime.ch](http://www.air-comprime.ch)