

Fluides de coupe

Mise en œuvre et traitement des rejets

par **Benoît BROQUERIE**

Ingénieur d'application, JP Industrie (Shell)

1. Manipulation des lubrifiants réfrigérants	BM 7 065 - 3
1.1 Opérations préliminaires	— 3
1.2 Préparation des lubrifiants réfrigérants miscibles à l'eau.....	— 3
1.3 Moyens de contrôle des lubrifiants réfrigérants miscibles à l'eau.....	— 4
1.3.1 Paramètres à surveiller	— 4
1.3.2 Mesure de la concentration des émulsions.....	— 5
2. Contrôle et surveillance de l'émulsion	— 5
2.1 Contrôle à l'atelier	— 5
2.2 Contrôle au laboratoire	— 5
2.3 Appareils de maintenance	— 6
2.4 Influence de la qualité des fluides de coupe sur la qualité de l'usinage.	— 8
3. Préconisation d'un fluide de coupe	— 8
4. Micro-organismes dans les lubrifiants réfrigérants	— 10
4.1 Propriétés générales des micro-organismes.....	— 10
4.2 Provenance des micro-organismes.....	— 10
4.3 Micro-organismes présents dans les lubrifiants réfrigérants	— 11
4.4 Mesures contre la prolifération des micro-organismes	— 11
4.5 Actions à entreprendre.....	— 12
5. Traitement des rejets	— 12
5.1 Conception première : « recycler au lieu d'éliminer »	— 12
5.2 Séparation et nettoyage des émulsions	— 12
5.2.1 Sédimentation/décantation.....	— 13
5.2.2 Filtres à bandes.....	— 13
5.2.3 Séparateur magnétique	— 14
5.2.4 Hydrocyclones	— 14
5.2.5 Centrifugeuses	— 14
5.2.6 Filtres à diatomées	— 14
5.2.7 Élimination de l'huile de fuite.....	— 15
5.3 Élimination des lubrifiants réfrigérants	— 15
5.3.1 Élimination des émulsions.....	— 15
5.3.2 Réglementation.....	— 15
5.3.3 Traitement des émulsions usagées.....	— 15
5.3.4 Mise en pratique d'un procédé.....	— 16
6. Conclusion	— 16

I ne faut pas oublier qu'un lubrifiant est un produit d'usure.

Importance de la maintenance

La maintenance des lubrifiants sur site industriel a toujours soulevé de sérieuses difficultés, que ce soit en ressources humaines ou financières.

Doit-on se contenter de la routine, faire des interventions préventives ou systématiques ou bien attendre qu'il se passe quelque chose pour y remédier ?

Aucune réponse n'est satisfaisante et certainement pas la dernière, bien qu'elle soit encore de règle dans de nombreuses entreprises.

La maintenance préventive est née de l'observation et d'une meilleure connaissance des fluides de coupe. Elle vise à maintenir les liquides d'usinage dans des conditions optimales par une surveillance des points stratégiques :

- concentration ;
- pH ;
- présence de bactéries ;
- besoin de filtration,

et une intervention rapide à chaque écart pour rétablir un équilibre rompu.

D'autre part, le calcul des turnovers, eau et produit (ajouts), donne des informations complémentaires à l'exploitation et à la gestion économique. Il renseigne l'utilisateur sur le comportement de son liquide de coupe.

Forts d'une expérience acquise depuis de nombreuses années dans les différentes techniques d'applications des fluides de coupe, nous sommes capables d'aborder aujourd'hui un concept de maintenance : **la maintenance prédictive**.

Cette approche de la gestion et du suivi des fluides de coupe s'inscrit dans la logique de l'évolution technique. Hier, considéré comme mal nécessaire aux différentes phases de l'usinage, le fluide de coupe soluble est aujourd'hui **interdépendant** de l'outil face au résultat final (surtout pour l'usinage de l'aluminium).

Pour conserver à l'outil toutes ses caractéristiques, le lubrifiant de coupe ne doit pas être considéré comme inerte. Il s'agit en fait d'un paramètre évolutif. En effet, le liquide de coupe est toujours susceptible, sous l'action des contraintes physiques et thermiques auxquelles il est soumis, d'évoluer vers une dégradation physico-chimique et biologique.

La maintenance prédictive a pour but d'appréhender ces risques.

Un certain nombre de bactéries sont responsables de la dégradation des fluides de coupe, avec pour conséquences :

- une diminution du pH engendrant une diminution de la stabilité de l'émulsion ;
- une diminution des propriétés antirouille lorsque la concentration en bactéries augmente.

Cette dégradation biologique peut être à l'origine de l'apparition de mauvaises odeurs, souvent signes d'un abaissement des propriétés d'usinage, et peut être aussi la cause d'apparition de dermatoses.

La législation rendant les possibilités d'élimination des lubrifiants réfrigérants usagés toujours plus difficile, l'utilisateur rencontre de grandes difficultés pour se débarrasser de ces déchets dont les coûts d'élimination deviennent toujours plus importants.

Ce sont tous ces points que nous allons traiter dans cet article qui est le deuxième volet d'un exposé sur les fluides de coupe dont le premier volet est l'article [BM 7 064] *Fluides de coupe. Rôle en usinage et classification*, que le lecteur pourra consulter avantageusement.

Dégénération biologique

Traitements des rejets

1. Manipulation des lubrifiants réfrigérants

1.1 Opérations préliminaires

■ Stockage et transfert

Pour le stockage du concentré, il est impératif que les fûts ne soient pas exposés à une forte chaleur pendant de longues heures car, sur les bords des fûts, la température pourrait dépasser 70 °C et altérer certaines propriétés des constituants du concentré.

Le comportement des concentrés au froid lors du transport et du stockage mérite une très grande attention. En raison de leur teneur en eau relativement élevée, de nombreux concentrés de lubrifiants réfrigérants sont sujets au gel. (Observer les précautions indiquées sur les fûts.) Ces produits ne devraient plus être transportés par camions ou wagons de chemin de fer lorsque la température extérieure est inférieure à 0 °C, si l'on ne veut pas courir de risque en ce qui concerne le standard de qualité du lubrifiant réfrigérant et le stockage de tels concentrés ne doit s'effectuer que dans des locaux tempérés.

Si des concentrés de lubrifiants réfrigérants non sensibles au gel sont entreposés en plein air durant la saison froide, il faut les rentrer pendant environ 24 h dans un local chauffé avant de les utiliser afin qu'ils se réchauffent lentement. Le réchauffage au moyen de plongeurs électriques ou dispositifs similaires doit être proscrit.

La date de péremption d'un lubrifiant réfrigérant est d'une année et ses conditions de stockage se situent entre + 3 et + 35 °C.

■ Nettoyage du système d'arrosage de la machine-outil

Ce système comprend le circuit complet entre le bac machine et la buse d'arrosage (tuyaux, pompe, buse d'arrosage...).

Il convient :

- de vidanger complètement le système ;
- de débarrasser les cuves et les machines des boues, copeaux et dépôts ;
- de rincer avec une émulsion contenant 1 à 2 % d'agent lavant et d'agent antibactérien ;
- de n'utiliser des détergents et des désinfectants qu'en cas d'infection.

■ Détermination du volume d'émulsion

Les machines devenant de plus en plus performantes, il convient impérativement de vouer une attention accrue à la quantité et à la propreté du lubrifiant réfrigérant.

Le volume du lubrifiant réfrigérant dans la machine joue un rôle important. Si ce volume est trop faible, les conséquences seront les suivantes :

- échauffement rapide de l'émulsion préjudiciable aux tolérances d'usinage et aux réglages des machines ;
- difficulté de filtration ;
- souillure de l'émulsion proportionnellement trop rapide ;
- aucune période de repos de l'émulsion ;
- formation de mousse ;
- évaporation excessive ;
- risque d'émulsionner de l'huile de fuite lié à une mauvaise séparation.

1.2 Préparation des lubrifiants réfrigérants miscibles à l'eau

Il est de grande importance que le concentré soit toujours ajouté à l'eau **et non le contraire**.

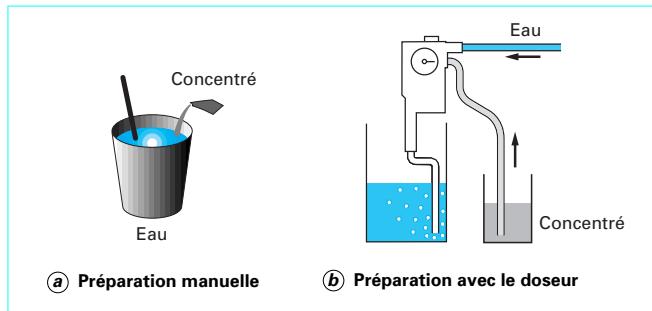


Figure 1 – Préparation du lubrifiant réfrigérant miscible à l'eau

■ Mode opératoire

Mettre de l'eau dans une cuve propre et, tout en remuant, ajouter la quantité voulue de concentré (figure 1a). Selon la conception du lubrifiant réfrigérant, le mélange s'effectue plus ou moins facilement. Pour faciliter ce mélange, il est recommandé d'utiliser des appareils spécialement conçus à cet effet : les mélangeurs-doseurs de type volumétrique (figure 1b).

Lors d'une évaluation pour l'installation d'un mélangeur pour la préparation de l'émulsion, il faut vérifier qu'il ne s'agit pas d'un simple appareil doseur, mais bien d'un mélangeur.

Important

L'air comprimé, les pompes à eau ou les jets d'eau ne sont pas appropriés pour préparer le mélange.

Ne jamais stocker l'émulsion dans des réservoirs zingués.

■ Qualité de l'eau

Pour la préparation des émulsions, il est dans tous les cas nécessaire d'utiliser de l'**eau froide du robinet**. Elle doit posséder les caractéristiques moyennes définies dans le tableau 1.

Tableau 1 – Valeurs indicatives européennes de l'eau à utiliser

Propriété	Valeur moyenne acceptable
Valeur du pH	6,5 à 8,5 (1)
Conductivité spécifique (mS/cm)	0,4
Chlorures(mg/L)	25
Sulfates(mg/L)	25
Nitrites(mg/L)	max. 0,1 (2)
Nitrates(mg/L)	25
Nombre de germes max. à 37 et 22 °C	max. 10 et 100/mL
Dureté de l'eau°f	15 à 45 (3)

(1) Se reporter au paragraphe 1.3.1.1.

(2) Se reporter au paragraphe 1.3.1.3.

(3) Se reporter au paragraphe 1.3.1.2.

Une qualité d'eau insuffisante peut avoir comme conséquences :

- une émulsion instable ;
- une odeur désagréable ;
- l'apparition de phénomènes de corrosion (rouille).

Tableau 2 – Unités de dureté

Unités SI (norme internationale)	Titre hydrotimétrique TH (mmol/L ou meq/L)
Degrés français	°f
Degrés allemands	dH
Degrés anglais	eH
Degrés américains	aH

La dureté est mesurée à l'aide :

- de papier indicateur (méthode semi-quantitative) ;
- par complexométrie (méthode quantitative de laboratoire) ;
- par chromatographie d'ions (IC).

Le tableau 3 donne la correspondance entre les degrés français et les unités SI.

Tableau 3 – Degrés de dureté et qualité de l'eau

Dureté totale (mmol/L)	°f	Appréciation de la qualité de l'eau
0 à 1	0 à 10	Très douce
1 à 2	10 à 20	Douce
2 à 3	20 à 30	Mi-dure
3 à 4	30 à 40	Dure
> 4	> 40	Très dure

1.3.1.3 Nitrites

Grâce à leur bon pouvoir anticorrosion et à leur bonne solubilité dans l'eau, des nitrites de potassium et de sodium (KNO_2 , NaNO_2) étaient utilisés jusqu'à récemment comme additifs dans les lubrifiants réfrigérants.

Aujourd'hui, on constate que la présence de nitrites pose deux problèmes importants (cas du nitrite de sodium, par exemple) :

- le nitrite de sodium est une substance hautement toxique pour les micro-organismes de l'eau. Selon le pays et la région, la teneur en nitrites des eaux d'égoût peut aller jusqu'à 10 mg par litre ;
- il était reconnu dans l'industrie d'usinage des métaux, que le nitrite représente un risque car, en combinaison avec des amines, il forme des nitrosamines, substances hautement cancérogènes. La formation de nitrosamines se fait dans un milieu acide et, selon des recherches récentes, également dans un milieu alcalin.

1.3.2 Mesure de la concentration des émulsions

L'appareil utilisé pour la détermination de la concentration des émulsions est le réfractomètre.

Principe

La lumière qui pénètre dans un liquide est déviée. Ce phénomène, appelé réfraction, dépend du liquide mais aussi de sa charge en substances (par exemple, sucre dans l'eau, concentré lubrifiant réfrigérant dans l'eau, etc.).

Cette réfraction peut être définie par la relation existante entre l'angle d'incidence et l'angle réfraction de la lumière. Le réfractomètre est directement étalonné en concentration.

La lecture se fait à la séparation ligne claire/obscur de l'échelle graduée.

Il est indispensable de contrôler le bon étalonnage du réfractomètre, la zone d'ombre devant précisément se situer sur le zéro. Pour cela, on utilise l'eau du robinet.

2. Contrôle et surveillance de l'émulsion

2.1 Contrôle à l'atelier

Par agitation, par contact avec l'air ou par la chaleur, l'eau s'évapore continuellement. Les copeaux peuvent également évacuer de l'émulsion. Il est donc important, par conséquent, que l'émulsion soit contrôlée régulièrement par les méthodes suivantes :

- mesure de la concentration au réfractomètre ;
- contrôle de pH grâce au papier indicateur universel ;
- séparation d'huile par contrôle visuel de la quantité d'huile de fuite dans le réservoir.

Si des problèmes se présentent, il est nécessaire de faire une analyse systématique selon les points suivants :

- localiser le problème ;
- quoi, comment, quand, où (temporel, local) ;
- inspecter, contrôler sur place ;
- suivant les constatations, faire la liste des causes possibles ;
- préparer des mesures ;
- contrôler l'efficacité de ces mesures.

2.2 Contrôle au laboratoire

D'autres contrôles que ceux cités précédemment peuvent être effectués en laboratoire et sont surtout valables pour les grandes installations. L'analyse de l'état de l'émulsion ne peut pas être effectuée par une valeur unique. On doit, au contraire, pratiquer tout un ensemble de contrôles. Avant de décider lesquels seront nécessaires il convient de déterminer à quelles questions l'on veut répondre par l'analyse :

- état général (les données recueillies correspondent-elles aux tolérances exigées) ;
- tests de populations microbiennes (bactéries, champignons, moisissures, levures) ;
- indications éventuelles faisant penser à des facteurs perturbateurs ;
- faillibilité de systèmes surveillés régulièrement.

■ Avant le prélèvement d'échantillons

Les quelques points ci-dessous sont à considérer :

- une analyse vaut-elle la peine (par exemple dans un petit bac individuel d'une contenance inférieure à 100 L) ?
- est-ce qu'une analyse peut apporter les réponses attendues (par exemple, émulsion sous-concentrée) ?
- que doit répondre l'analyse de laboratoire pour étayer le diagnostic ?
- quand une analyse ne peut-elle pas donner de réponse ?
 - manipulation incorrecte,
 - faux produit,
 - fausse manipulation,
 - défauts au système d'arrosage.

■ Procédé correct de prélèvement de l'échantillon

● Prélèvement correct de l'émulsion

C'est là une opération essentielle qui demande à être effectuée avec précision (cf. indications sur le procès-verbal de la figure 3).

JP INDUSTRIE SOCIÉTÉ DU GROUPE ROYAL DUTCH SHELL
SPECIALISTE DES LUBRIFIANTS DE TRAVAIL DES MÉTAUX

Collaborateur :

Prélèvement d'échantillons de soluble.

Entreprise : Adresse :

Produit : N° du tel :

Date du prélèvement : Personne de contact :

Valeurs relevées lors du prélèvement

- Concentration : (Réfractomètre)
- Valeur du pH : (Papier indicateur)
- Quantité d'huile : faible moyenne forte (visuel) machine dans le bac :
- Odeur : normale désagréable

Méthode de préparation : Mélangeur Type :

Manuelle

Autres méthodes :

Type de machine et modèle :

Opération d'usage :

Matériau(x) :

Pompe haute pression : Pression max. :

Contenu du bac machine : Mode de filtration :

Huile hydraulique – marque : Type :

Lubrifiant – marque : Type :

Émulsion remplie le : % :

Dernier appoint le : % :

Réfrigérant utilisé avant la première utilisation de notre soluble :

Nettoyage du système avant la première utilisation de notre soluble :

Raison et but de l'analyse :

.....

.....

.....

Figure 3 – Exemple de procès-verbal de prélèvement

● Remplir le procès-verbal

Les précisions requises par le formulaire sont à remplir scrupuleusement et en totalité. À défaut du procès-verbal, aucune analyse ne peut être, en général, entreprise par le fournisseur du lubrifiant.

Attention :

- La raison de la demande d'analyse est toujours à préciser.
- Le temps de gestation du lubrifiant réfrigérant entre le prélèvement et la réception en laboratoire doit être le plus court possible.

■ Tests à envisager

- **État de l'émulsion :** il est déterminé selon la grandeur des gouttelettes :

- $\varnothing \leq 400 \text{ nm}$: gouttelettes finement dispersées ;
- $400 \text{ nm} < \varnothing < 1000 \text{ nm}$: gouttelettes semi-dispersées ;
- $\varnothing \geq 1000 \text{ nm}$: gouttelettes grossièrement dispersées.

- **Grandeur des gouttelettes :** la grandeur des gouttelettes correspond au diamètre moyen de toutes les gouttes d'huile

exprimé en micromètres ou en nanomètres ($0,1 \mu\text{m} = 100 \text{ nm}$). On utilise, pour cette mesure la technique laser, suivant laquelle on envoie un faisceau à travers une émulsion fortement diluée et on détecte et analyse la lumière diffusée.

À titre indicatif, une émulsion fraîche présente un diamètre moyen des gouttelettes compris entre 50 et 150 nm (dépend de la dureté de l'eau, du produit et de la concentration).

Une émulsion usagée a un diamètre de gouttelettes comme ceux indiqués précédemment dans « État de l'émulsion ».

- **Test sur copeaux :** il permet la détermination des caractéristiques de protection contre la corrosion.

- **Conductivité spécifique :** elle est déterminée au moyen d'une mesure de résistance électrique entre des électrodes séparées par une distance constante.

Lors de la détermination de la conductivité spécifique, la teneur totale en sels de l'eau est mesurée uniquement qualitativement.

Les valeurs limites supportées par l'émulsion dépendent de la concentration du lubrifiant réfrigérant et sont résumées dans le tableau 4.

Tableau 4 – Conductivité spécifique des lubrifiants réfrigérants à base d'huile minérale

Solution concernée	Conductivité (mS/cm)	État
Eau de préparation	0,3 à 1,0	Bon
Lubrifiants réfrigérants à base d'huile minérale	0 à 4	Bon
	4 à 6	Critique
	> 6	Très critique

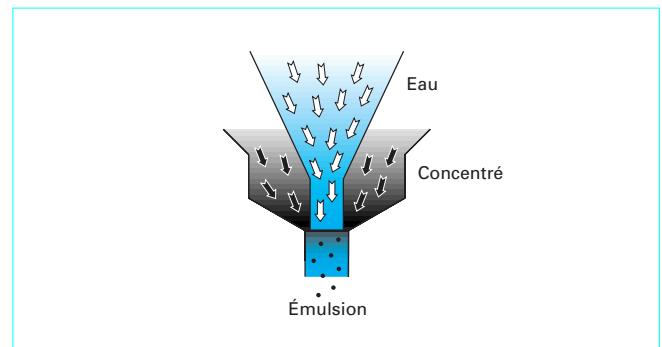
2.3 Appareils de maintenance

■ Mélangeur de type volumétrique

● Fonctionnement

Le mélange, d'un genre nouveau, n'est pas obtenu par la simple réunion d'eau et de concentré, mais au moyen d'ondes de choc (cavitation), ce qui garantit l'obtention d'émulsions homogènes.

L'installation du mélangeur est très simple et exige seulement une prise d'eau avec une pression dynamique de 2 bar au moins (figure 4).

**Figure 4 – Schéma de fonctionnement d'un mélangeur de type volumétrique**

● Avantages économiques

- Préparation rapide de l'émulsion d'où gain de temps et diminution du temps improductif.
- Quantités préparées d'émulsion exactes d'où consommation plus faible.
 - Toujours la bonne concentration.
 - Qualité d'émulsion impeccable d'où meilleure stabilité.
 - Meilleur rendement sur les machines.
 - Manipulation très simple/montage rapide et simple.
 - Pas d'entretien nécessaire.
 - Seul un raccord d'eau est nécessaire pour le fonctionnement.
 - Peu de place nécessaire à l'installation.

● Applications

Cet appareil s'emploie pour une préparation correcte des lubrifiants réfrigérants miscibles à l'eau.

Son domaine d'application concerne :

- les machines à bac individuel ;

- les petites installations ;
- les installations centralisées.

Il s'adresse à tous les clients dont la consommation en lubrifiants réfrigérants est faible, moyenne et même grande.

■ Déshuileur

Le schéma en est donné au paragraphe 5.2.7.

● Avantages économiques

- Suppression des huiles étrangères dans l'émulsion.
- Forte réduction des dépôts gras et augmentation de l'hygiène au poste de travail.
- Diminution des brouillards d'huile.
- Augmentation de la durée de vie de l'émulsion.
- Diminution des rejets, d'où protection de l'environnement.
- Réduction des coûts.
- Aspiration des huiles en surface.

Tableau 5 – Influence de la qualité des fluides de coupe sur la qualité de l'usinage

Causes	Remèdes/Actions	Causes	Remèdes/Actions	
Mauvais état de surface des pièces		Film d'huile libre sur la surface d'un fluide de coupe aqueux		
<ul style="list-style-type: none"> • Concentration trop faible • Arrosage insuffisant ou mal dirigé • Pollution par des particules métalliques d'usinage • Mauvaise filtration 	<ul style="list-style-type: none"> • Réajuster la concentration au réfractomètre • Augmenter le débit, diriger l'arrosage sur l'arête de coupe • Convoyeur magnétique • Filtration appropriée 	<ul style="list-style-type: none"> • Contamination du fluide de coupe par des huiles de graissage • Mélange effectué dans de mauvaises conditions • Pollution par des huiles entières amenées par les pièces usagées 	<ul style="list-style-type: none"> • Éliminer les fuites et les huiles par écrémage • Refaire le mélange en prenant soin de verser l'huile dans l'eau sous agitation • Écrémage, déshuileur. Dégraissage des pièces avant usinage 	
Problèmes de rouille			Mauvaises odeurs, changement de couleur	
<ul style="list-style-type: none"> • Concentration d'utilisation trop faible • Eau de dilution trop dure • Contamination bactérienne • Dégradation ou consommation des additifs antirouille • Pollution accidentelle de l'émulsion/solution acide • Réaction électrolytique 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter et vérifier la concentration au réfractomètre • Vérifier la qualité de l'eau (TH), utiliser une eau adoucie • Vérifier le pH, la réserve d'alcalinité (au laboratoire), la contamination (par microtest) • Contrôle du pH • Remplacement du fluide • Vérifier la prise de terre de la machine 	<ul style="list-style-type: none"> • Présence de micro-organismes pouvant provenir : <ul style="list-style-type: none"> • De la mauvaise qualité de l'eau utilisée • D'un nettoyage insuffisant du système d'arrosage • D'une trop forte contamination par les huiles étrangères • D'une malpropreté de l'installation (bac, canalisations, système d'arrosage) • Taux de renouvellement de produit trop faible 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la présence de micro-organismes (microtest A : kit ISICEUT pour bactéries et moisissures distribué par Merck ou Prolabo) • S'assurer de la bonne qualité biologique de l'eau • Éliminer les huiles à la surface du fluide • Si la contamination est $> 10^6 / \text{mL}$, vidanger et procéder à un nettoyage soigné avec un détergent désinfectant • Ajouter du produit neuf 	
Faible durée de vie d'outil avec usure (par abrasion)		Moussage		
<ul style="list-style-type: none"> • Taux de contamination des particules métalliques trop élevé • Taux de contamination des particules métalliques trop élevé • % trop faible 	<ul style="list-style-type: none"> • Épurer le fluide de coupe (décantation, filtration) • Rechercher et remplacer le fluide par un produit possédant des propriétés lubrifiantes renforcées • Réajuster la concentration 	<ul style="list-style-type: none"> • Concentration trop élevée • Utilisation d'une eau trop douce • Emulsion ou solution pouvant être polluée par des huiles étrangères ou par un détergent • Volume du fluide en circulation insuffisant, système d'arrosage mal conçu 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier la concentration au réfractomètre • Vérifier la qualité de l'eau (TH) • Éliminer les huiles étrangères et pratiquer une analyse pour le détergent • Sélectionner un autre fluide de coupe. Remonter le niveau du fluide dans le bac 	
Faible durée de vie d'outil (rectification) avec dégagement de chaleur excessif				
<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés de refroidissement insuffisantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Sélectionner un fluide possédant d'excellentes propriétés refroidissantes 			

● Applications

Il s'emploie pour un enlèvement efficace des huiles étrangères en surface d'une émulsion dans :

- des machines à bac individuel ou des bacs de décantation ;
- des petites installations.

■ Appareils supplémentaires

Pour l'acquisition d'appareils supplémentaires tels que **cuve de décantation, aspirateur mobile et système de filtration mobile**, il est conseillé de prendre contact avec des techniciens compétents, capables d'adapter le meilleur système en fonction des besoins de l'utilisateur.

2.4 Influence de la qualité des fluides de coupe sur la qualité de l'usinage

Le tableau 5 (p. 7) passe en revue les différentes causes possibles de mauvaises qualités d'usinage que l'on peut attribuer aux fluides de coupe ; le tableau 6 résume les conséquences de la présence des différents polluants sur les caractéristiques du fluide et de l'usinage.

Tableau 6 – Influence des différents polluants sur les caractéristiques du fluide et de l'usinage						
Contaminants (1)	Copeaux et poussières atmosphériques	Huiles étrangères	Dureté de l'eau	Micro-organismes		
	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Stabilité	↗	↗	↗	↗	↗	↗
Propriétés anticorrosion	↗	→	↗	↗	↗	↗
Tendance au moussage (2)	↗	↗	↗	↗	↗	→
Résistance aux bactéries	↗	↗	↗	↗	↗	↗
pH (2)	→	→	→	→	↗	→
Tendance au gommage	↗	↗	↗	↗	↗	→
État de surface des pièces usinées (2)	↗	↗	→	→	→	→

(1) ↗ augmente → n'a pas d'influence notable
↗ diminue

(2) Selon l'application et le résultat souhaité, l'influence peut être positive ou négative, ce qui peut poser un problème.

3. Préconisation d'un fluide de coupe

La préconisation d'un fluide de coupe n'est pas chose aisée si le fabricant désire apporter un service supplémentaire au client. Il sera donc nécessaire de pouvoir lui conseiller le ou les fluides qui correspondent à ses besoins réels. Pour cela, il est indispensable de connaître le client ou futur client. À cet effet, le fournisseur établira un questionnaire reprenant tous les critères à prendre en considération.

PRECONISATION SOLUBLE // FICHE D'ESSAIS	
INTERLOCUTEUR JP/UO :	DATE :
CLIENT :	
ADRESSE :	
TEL :	
Produit.....	
Capacité bac.....	
Marque machine.....	
Filtration.....	Mise en émulsion.....
Concentration.....	Ajouts.....
Pièce usinée.....	
Opération d'usinage/recifcation.....	
Métal usiné.....	
Vitesse	Avance.....
TH d'eau.....	
Exigences clients.....	
.....	
Outil.....	
Etat de surface.....	
Remarques.....	
.....	
.....	

Figure 5 – Exemple de fiche de préconisation de soluble

Trois exemples de questionnaire sont proposés ci-dessous.

■ **Exemple 1 : fiche de préconisation de concentré soluble**
Elle doit comporter tous les renseignements demandés sur le modèle de la figure 5.

■ **Exemple 2 : profil du client**

● Connaissance du client

Les renseignements ci-dessous sont à fournir par le client :

- **type de client** : est-il fabricant ou sous-traitant ? ;
- **clientèle concernée** : décrire brièvement la clientèle ;
- **pièces concernées** : petites ou grandes séries ; pièces uniques ; taille des pièces à exécuter ;
- **matériaux usinés** : quels sont les métaux travaillés ? Ferreux ou non ferreux ou les deux ? aciers – fonte – aciers spéciaux – inox, etc. Quel est le pourcentage des différentes nuances ? S'agit-il des matières resserrantes ou collantes ?
- **type d'opération effectuée** : énumérer les opérations en donnant les pourcentages respectifs. Quelle est l'opération la plus difficile ? Quelles sont les difficultés rencontrées et comment sont-elles résolues ?
- **exigences dimensionnelles** : établir la relation avec les pièces et la matière. Quels sont les moyens de contrôle ?
- **parc machines** : types de machines ; marques. Remplir pour chaque machine un formulaire du type de celui de la figure 6 ;
- **outils** : en acier rapide ; en carbure ; en céramique ;
- **exigence de production** : délais, stockage des pièces ;
- **fluides en service** : marques ; références ; taux d'utilisation ; opinion des utilisateurs.

Marque	<u>Plans d'analyse</u>	
Modèle	TH	
Type d'usinage	PH	
Capacité d'usinage	Concentration	
Capacité bac fluides	Contamination liquide OUI / NON Contamination solide OUI / NON Contamination bactérie OUI / NON	
GRAISSAGE GLISSEUR	BAC LUBRIFIANT COUPE	
MANUEL	AUTO	INDIVIDUEL COMMUN

Figure 6 – Formulaire type à remplir pour chaque machine

Ce point est très important, car il permettra de déterminer les critères qui amènent le client à changer de fluide, si c'est le cas qui se présente. Il convient alors de faire préciser :

- les appoints : quand et comment sont-ils faits ?
- les moyens de mélange et de contrôle,
- les systèmes d'épuration,
- la fréquence des vidanges,
- le potentiel d'utilisation.

Il convient, par ailleurs, de connaître quelles sont les marques et références des autres lubrifiants, en particulier des huiles de glissière.

● Critères de motivation de changement

Les critères qui peuvent amener un client à changer de fluide peuvent être les suivants :

— hygiène et sécurité :

- irritation de la peau,
- odeur du fluide,
- développement des bactéries,
- formation de peaux,
- allergie de certains utilisateurs à certaines substances,
- difficulté d'élimination ;

— maintenance des machines :

- corrosion des glissières,
- gommage des organes,
- formation des dépôts poisseux sur le bâti et les commandes,
- attaque des joints,
- mouillage ;

— qualité de coupe :

- mauvais état de surface,
- réduction de l'usure des outils,
- formation de fumée,
- pièces chaudes,
- limitation de rebuts,
- collage des copeaux sur les outils ou sur le bâti ;

— coûts de production :

- mélange stable dans le temps : augmentation de la durée de service,
- concentré stable au stockage,
- réduction des coûts d'élimination,
- service après-vente,
- simplification des approvisionnements,
- abaissement du taux d'utilisation,
- protection des pièces pendant le stockage interusinage.

■ Exemple 3 : dossier d'étude d'une huile de coupe en entreprise

Il doit contenir les renseignements suivants :

- une fiche d'étude de la production selon le modèle de la figure 7 ;
- une fiche d'étude des fluides en service selon le modèle de la figure 8.

Nom de l'entreprise :	Commentaires :			
Interlocuteur :			
Adresse :			
Téléphone :			
Télécopieur :			
Date de visite :	Signature :			
Fabricant	Sous-traitant			
Type de clientèle :				
Type de pièces :				
UNITAIRE	SERIE GRANDE	SERIE PETITE		
Taille des pièces				
MICRO	STANDARD	MAXI		
Matériaux usinés				
Ferreux		Non ferreux		
ACIER	FONTE	INOX	Alliage léger	Cuivreux
Synthétique				
Pourcentage des nuances				
FERREUX		NON FERREUX		AUTRE
Type d'usinage	Sciage.....	OUI	NON	
	Tournage.....	OUI	NON	
	Fraisage.....	OUI	NON	
	Taillage de pignons.....	OUI	NON	
	Décolletage.....	OUI	NON	
	Forage profond.....	OUI	NON	
	Alessage.....	OUI	NON	
	Filetage taraudage.....	OUI	NON	
	Brochage.....	OUI	NON	
	Rectification.....	OUI	NON	
	Electro-érosion à électrode.....	OUI	NON	
Type d'outils d'usinage				
HSS	CARBURE	CERAMIQUE	COBALT	
Exigences dimensionnelles				
1 mm	2/20 mm	1/50 mm	1/100 mm	
Moyens de contrôle				
<ul style="list-style-type: none"> - calibre à coulisse analogique - calibre à coulisse numérique - micromètre extérieur - Micromètre intérieur - Colonne de mesure - Réglet - Mètre à ruban 				
Exigence de production				
<ul style="list-style-type: none"> - Flux tendu - Délais - Stockage pièces/protection anticorrosion 				

Figure 7 – Exemple de fiche d'étude de production

Figure 8 – Exemple de fiche d'étude des fluides en service

4. Micro-organismes dans les lubrifiants réfrigérants

Durant leur utilisation, tous les lubrifiants sont soumis à de fortes sollicitations d'ordre généralement :

- mécanique ;
 - physique ;
 - chimique.

Pour les lubrifiants réfrigérants miscibles à l'eau, un autre facteur s'y ajoute : la sollicitation biologique, les lubrifiants réfrigérants miscibles à l'eau pouvant toujours être colonisés par des micro-organismes.

Dans le cadre de ce paragraphe, nous traiterons les points suivants :

- pourquoi trouvons-nous des germes dans les lubrifiants réfrigérants ?
 - quels micro-organismes peuvent se développer dans les lubrifiants réfrigérants ?
 - que provoquent les germes dans les lubrifiants réfrigérants ?
 - quels sont les risques ?
 - comment lutter contre ?

4.1 Propriétés générales des micro-organismes

Les micro-organismes sont des bactéries, des levures et des champignons. Ils ont besoin d'oxygène pour vivre et ne continuent pas à se développer et meurent lorsque l'oxygène est consommé. Ces germes sont dits aérobies. Cependant, quelques micro-organismes n'ont pas besoin d'oxygène pour vivre : ils sont dits anaérobies. Ils se développent en absence d'oxygène et ne continuent pas à se développer lorsqu'il y a apport d'oxygène (par exemple, lors de la mise en route d'une pompe d'arrosage).

Une des caractéristiques exceptionnelles des micro-organismes est la taille de chaque organisme (le volume moyen d'une bactérie est d'environ $0,3 \mu\text{m}^3$) et l'on peut les trouver absolument partout (air, eau, terre).

Nous devons faire la distinction entre les germes pathogènes (qui provoquent des maladies) et les non pathogènes (ne provoquant pas de maladie). Généralement, on peut dire que seulement 1 % au maximum des germes ont des propriétés pathogènes. Ceux-ci sont dangereux uniquement en cas de prolifération importante.

Les micro-organismes sont omniprésents : sans micro-organismes, la vie ne serait tout simplement pas possible. On en trouve dans de nombreux aliments comme le lait, les yogourts, la pâte à pain, la viande, avec une concentration pouvant aller jusqu'à 10^6 germes/mL ou par gramme.

Pour l'être humain, les chiffres sont aussi impressionnantes (de 10^6 à $10^7/cm^2$ germes sur la peau ou 10^6 à 10^9 germes/mL dans les sécrétions).

4.2 Provenance des micro-organismes

Les micro-organismes peuvent provenir des différentes sources (figure 9).

Comme une émulsion se compose de plus de 80 % d'eau, on peut considérer qu'un tel système présente les conditions idéales pour une prolifération des micro-organismes. À cela s'ajoutent une abondante offre nutritive et de l'oxygène en suffisance. Ce sont là les ambiances optimales pour la croissance et la multiplication. Si l'on permet aux micro-organismes une croissance incontrôlée, des problèmes techniques et probablement hygiéniques avec presque tous les produits se poseront inévitablement.

■ Conséquences pour le lubrifiant réfrigérant :

- dégradation d'ingrédients ;
 - formation de produits dus au métabolisme ;
 - diminution de la valeur du pH ;
 - réduction du pouvoir anticorrosion.

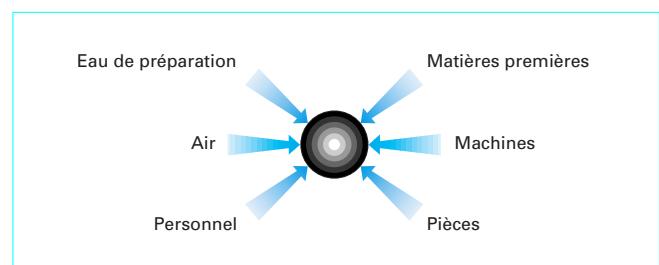


Figure 9 – Origine des micro-organismes présents dans les lubrifiants réfrigérants

■ Conséquences pour le système d'arrosage :

- séparation d'huile ;
- engorgement des conduits ;
- moussage ;
- difficultés pour la filtration.

■ Conséquences pour la production :

- qualité inférieure ;
- interruptions de travail.

■ Conséquences pour l'environnement :

- risques pour la santé ;
- mauvaises odeurs.

4.3 Micro-organismes présents dans les lubrifiants réfrigérants

Les germes que l'on trouve dans les lubrifiants réfrigérants sont :

- des bactéries (*Pseudomonas*, *Klebsiella*, *Escherichia coli*, *Citrobacter*, *Proteus*, *Desulfovibrio*) ;
- des levures (*Candida*) ;
- des champignons (*Fusarium*).

Ces noms seuls ne signifient pas grand-chose ; ce qui nous intéresse, c'est le mode d'action et les effets de ces micro-organismes.

■ Les *Pseudomonas* se multiplient très vite dans un milieu aqueux, c'est pourquoi on les qualifie de « germes d'eau » tout simplement. Ils proviennent de la terre, de l'eau et de l'air, sont très peu exigeants et n'ont besoin que d'un minimum de nourriture. Leur présence est absolument sans problème. Cependant, *Pseudomonas aeruginosa* peut provoquer des infections dans des blessures existantes (attention aux copeaux). Elle est tolérée en très faible quantité et pour une très courte durée.

■ Les micro-organismes suivants sont à considérer comme des souches d'origines différentes puisqu'ils se nourrissent de substances bien spécifiques et nécessitent en même temps des conditions d'environnement déterminées.

• *Escherichia coli* (*E. coli*), *Proteus* et *Citrobacter* proviennent des organes digestifs humains. Ils sont beaucoup plus exigeants dans leur choix alimentaire. Leurs produits métaboliques sont légèrement acides et provoquent une chute de la valeur du pH à moins de 7,8. C'est la raison pour laquelle ces germes ne devraient jamais exister en très grand nombre.

• *Klebsiella* provient de nos voies respiratoires et parvient ainsi dans le lubrifiant réfrigérant. Les conséquences sont les mêmes que ci-dessus.

• *Desulfovibrio* est un type de germes anaérobies. Son développement est favorisé sous des couches d'huile de fuite. En présence de copeaux de métal, il décompose très vite les substances sulfurées hydrolysables dans l'eau avec dégagement d' H_2S (d'où une odeur d'œuf pourri).

• *Candida* est un type de levures. Certains germes peuvent provoquer des mycoses (maladies de la peau).

• *Fusarium* est finalement un vrai champignon. Dès que ses spores commencent à germer, il produit des filtres ouateux qui bouchent les conduites.

■ En conclusion, on peut constater qu'il y a des micro-organismes à effets positifs et d'autres à effets négatifs.

Important : les émulsions d'huiles minérales ne sont pas des milieux nutritifs pour la plupart des germes pathogènes qui, dans des conditions normales, ne se rencontrent donc pratiquement pas dans ces émulsions.

4.4 Mesures contre la prolifération des micro-organismes

La question qui se pose sur la façon de traiter les micro-organismes dans les lubrifiants réfrigérants est la suivante : est-il nécessaire d'exiger l'absence de toute sorte de micro-organisme et une stérilité absolue comme dans les hôpitaux ? Ou pouvons-nous accepter la libre croissance de micro-organismes ? Les points de vue sont opposés à l'extrême !

Beaucoup de fabricants de lubrifiants réfrigérants utilisent des biocides pour éviter toute croissance de micro-organismes. Ce sont des substances qui rendent une croissance de germes difficile ou impossible, telles que :

- des bactéricides ;
- des fongicides.

Ces biocides sont utilisés seuls ou en combinaison. Ces inhibiteurs doivent répondre aux exigences suivantes :

- réaction uniquement envers les micro-organismes et non avec d'autres additifs, les impuretés ou les matières usinées ;
- compatibilité avec les machines (par exemple avec les élastomères) ;
- haute stabilité thermique ;
- pas de réaction négative envers les hommes ou l'environnement ;
- sans influence sur les caractéristiques du lubrifiant réfrigérant (par exemple, sur la valeur du pH) ;
- spectre d'action seulement contre des groupes de micro-organismes spécifiques.

■ Exigences vis-à-vis d'un lubrifiant réfrigérant moderne miscible à l'eau

● Pour des raisons techniques, on doit pratiquement exiger l'**absence de champignons** car ils bouchent les conduites et diminuent nettement le débit de la buse d'arrosage.

● Les **levures** doivent être maintenues à un **taux minimal** pour des raisons de santé.

● Des germes obligatoirement **pathogènes** ou provoquant des épidémies **ne doivent pas exister** ou, tout au moins, ne doivent pas pouvoir survivre.

● La **croissance de germes qui peuvent affecter la stabilité** du lubrifiant réfrigérant doit être évitée.

■ Moyens d'action

Pour remplir ces exigences, on peut s'engager sur trois voix différentes :

— concept A : ne pas courir le moindre risque et tenir le nombre de germes aussi bas que possible en ajoutant régulièrement des biocides ;

— concept B : tolérer les germes naturels de l'environnement et régler le concentré. De cette façon, l'émulsion peut supporter un nombre très important de germes ;

— concept C : maintenir le nombre de germes aussi bas que possible par un système de biocides sélectionnés et intégrés directement dans le concentré.

Tous ces concepts ont leurs avantages et leurs inconvénients pour autant que certaines exigences préalables soient remplies.

● Concept A

Exigences :

- rajout régulier de biocides ;
- utilisation de désinfectants lors de vidanges.

Inconvénients :

- qui doit ajouter le biocide ; quand et en quelle quantité ? Une analyse quantitative et régulière du biocide est nécessaire ;
- l'utilisation non contrôlée des biocides provoque une résistance des germes et réduit l'efficacité des biocides.

Avantages :

- grand assortiment de biocides disponibles ;
- le biocide ne doit pas être incorporé dans le concentré.

● Concept B**Exigences :**

- tenir la concentration du lubrifiant réfrigérant en cours d'utilisation constante ;
- ne pas produire trop d'huile de fuite ;
- ne pas apporter de contamination par des substances étrangères.

Inconvénients :

- le fongicide doit rester stable dans le concentré.

Avantages

- aucun ajustement avec biocide à effectuer par le client ;
- le concentré ne contient qu'un fongicide ;
- formation d'un équilibre naturel pour 99 % des « germes d'eau ». Cela évite la croissance de germes pathogènes et de germes qui détruisent l'émulsion.

● Concept C**Exigences :**

- ajouter un biocide avec un très large spectre d'action dans le concentré ;
- tenir la concentration constante ;
- pas de contamination par des substances étrangères, pas d'huile de fuite importante ;
- utilisation de désinfectants lors de vidange.

Inconvénients :

- le biocide doit rester stable dans le concentré.

Avantages :

- pas de rajouts des biocides par le client ;
- pas de surconcentration par des biocides ;
- si l'on respecte la concentration minimale, le risque d'une prolifération bactérienne est réduit au minimum.

4.5 Actions à entreprendre

Pourquoi trouvons-nous des germes dans les lubrifiants réfrigérants ?

En résumé, les germes présents dans les lubrifiants réfrigérants lui sont apportés par le milieu. Parmi ceux-ci, plus de 99 % des micro-organismes trouvés dans les lubrifiants réfrigérants à base d'huile minérale sont du genre *Pseudomonas*.

Ces germes n'ont pas de réaction néfaste sur l'émulsion, sur les machines et sur l'homme. Des levures, des champignons et des bactéries anaérobies ne sont que rarement retrouvés dans les émulsions. Des germes pathogènes ne peuvent pas exister dans ce milieu.

Pour lutter contre la prolifération de bactéries, la concentration minimale de l'émulsion doit être maintenue. Le tableau 7 résume les actions à entreprendre en cas de réactions gênantes.

Tableau 7 – Interventions à effectuer en cas de problèmes dans les lubrifiants réfrigérants

Problèmes	Remèdes
Présence de bactéries	Bactéricides
Présence de levures/champignons	Fongicides
pH bas	Correcteur de pH
Formation d'un savon de calcaire	Poudre anticalcaire
Vidange du bac	Lessive bactéricide ou carbonate de sodium (pour les centrales)
Mouillage	Antimousse (différents selon catégories de solubles)

5. Traitement des rejets

5.1 Conception première : « recycler au lieu d'éliminer »

■ Problèmes posés à l'utilisateur de lubrifiants réfrigérants

La législation rend les possibilités d'élimination de lubrifiants réfrigérants usagés toujours plus difficiles. L'utilisateur rencontre donc des difficultés pour éliminer les déchets et pour assumer un travail administratif (« BSD » : bordereau de suivi de déchet industriel à établir obligatoirement, car fournit la preuve de destruction via un organisme référencé et habilité), les coûts d'élimination devenant toujours plus importants !

De plus, les sociétés qui assurent l'élimination des déchets sont toujours de plus en plus surchargées et il se pose alors, à l'industriel, un problème de capacité de stockage.

■ Solutions à envisager

- Vidange des machines
- Maintien en état de l'émulsion par des mesures de réajustement et surveillance des lubrifiants réfrigérants (cf. § 1.3 et 2).
- Élimination des émulsions usagées y compris les liquides de vidange des machines, transport de l'émulsion usagée par des sociétés autorisées (cf. § 5.3).
- Appareils de maintenance (cf. § 2.3).

5.2 Séparation et nettoyage des émulsions

La raison la plus fréquente qui impose de renouveler les émulsions est leur teneur en impuretés d'origine mécanique. Les particules métalliques affectent la tenue des outils et la qualité des états de surface des pièces usinées. D'autres souillures provoquent des dépôts de boues dans les réservoirs de lubrifiant réfrigérant des machines. La pollution chimique par les huiles de machines en est une autre raison. Plusieurs systèmes de nettoyage peuvent convenir.

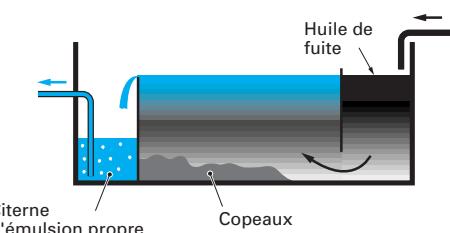


Figure 10 – Bac de séédimentation/décantation en continu

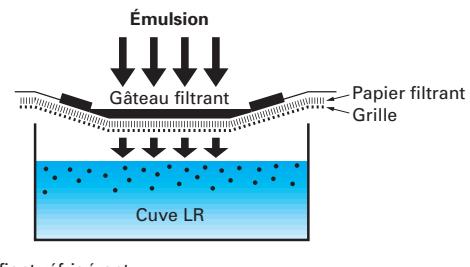


Figure 12 – Schéma de principe d'un filtre à bande

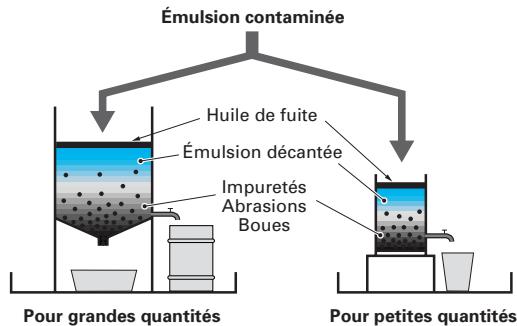


Figure 11 – Séédimentation/décantation par système décentralisé

5.2.1 Séédimentation/décantation

Le dispositif le plus simple pour nettoyer l'émulsion **en continu** est le bac de décantation (figure 10) (l'huile de fuite qui surnage doit être éliminée à l'arrêt).

La cuve de décantation est généralement d'un volume équivalant à celui de la cuve de lubrifiants réfrigérants et est placée à côté de la machine. L'augmentation des impuretés et des dépôts de boues réduit la quantité de lubrifiant réfrigérant, ce qui a pour conséquence de charger l'émulsion. Un nettoyage périodique est donc indispensable, et comme une intervention manuelle peut être entravée par la formation de crasse, ce dispositif permet d'éviter un nettoyage coûteux et compliqué du bassin de lubrifiant réfrigérant.

Il est aussi possible d'effectuer ce simple processus de **décantation de manière décentralisée**.

L'émulsion est périodiquement pompée hors des machines à bacs individuels et versée dans un bac de décantation. Après repos, les impuretés, copeaux et boues se déposent au fond du récipient alors que l'huile de fuite remonte à la surface. L'émulsion nettoyée peut ensuite être réintroduite dans les machines (figure 11).

5.2.2 Filtres à bandes

Principe

Dans les filtres à bandes, on utilise comme milieu filtrant le papier ou le tissu (tissé et non tissé). Ces milieux filtrants permettent un nettoyage mécanique de l'émulsion. L'huile de fuite n'est pas filtrée. La finesse à la sortie (maille), déterminée par le matériau filtrant, n'est qu'indirectement responsable de la finesse de

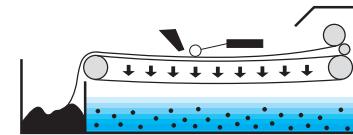


Figure 13 – Filtre à bande à fonctionnement gravitaire

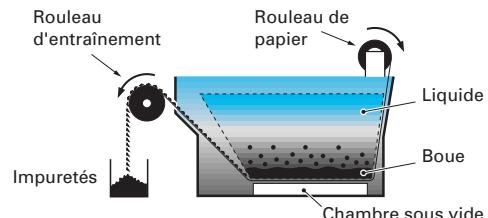


Figure 14 – Système de filtration avec filtre à bande sous vide

filtration à obtenir, car c'est le gâteau de filtration formé qui se charge de la filtration proprement dite. Des particules toujours plus fines sont progressivement retenues dans le gâteau de filtration, ce qui fait baisser le débit de l'émulsion. Le miroir de liquide au-dessus du tissu filtrant monte, et lorsqu'il atteint le niveau haut, l'avance du papier s'enclenche par un interrupteur de niveau. Le gâteau filtrant peut alors se former à nouveau (figure 12).

Filtres à bande à fonctionnement gravitaire

Ces filtres (figure 13) sont surtout utilisés dans les machines à remplissage simple, ou pour un groupe de machines. L'obtention d'une finesse de filtration de 20 µm est parfaitement réaliste. La qualité d'écoulement qui doit être utilisée est fonction du type d'impuretés et de leur quantité. Comme tous les lubrifiants réfrigérants ne se comportent pas de la même manière lors de la filtration, l'optimisation de la qualité d'écoulement doit faire appel aux résultats effectifs obtenus.

Filtres sous vide

Les filtres fonctionnant sous vide travaillent en principe comme les filtres à bande à fonctionnement gravitaire. Comme les émulsions à laver sont aspirées par le filtre (figure 14), il en résulte des vitesses d'écoulement considérablement plus élevées. Ces constructions trouvent leur utilisation sur les installations centrales.

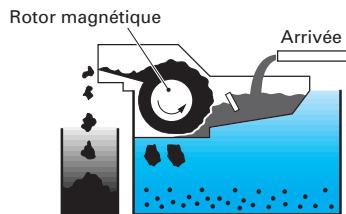


Figure 15 – Séparateur magnétique

■ Remarque générale

L'utilisation de tissus filtrants permet des types de constructions très variés dont nous ne pouvons discuter les détails ici. On pourra se reporter aux notices des constructeurs.

5.2.3 Séparateur magnétique

Dans ce procédé, on utilise surtout des tambours magnétiques (figure 15). Le lubrifiant réfrigérant sale est amené sur le tambour magnétique, ce qui permet de filtrer les impuretés ferritiques. Ce procédé de nettoyage est souvent appliqué sur les machines à rectifier.

5.2.4 Hydrocyclones

Des hydrocyclones sont aussi utilisés pour le lavage des lubrifiants réfrigérants. Le liquide entre tangentiellement sous pression dans une chambre cylindroconique (figure 16). L'énergie due à la pression est transformée en énergie cinétique, si bien qu'une accélération centrifuge agit sur toutes les particules solides. Les matières particulièrement lourdes se dirigent vers le bas, dans la buse d'écoulement inférieure. Par l'effet d'inversion, le liquide lavé est éliminé par la surverse. Les particules les plus fines sont séparées et passent du tourbillon primaire dans le tourbillon secondaire. Les hydrocyclones conviennent moins bien lors de l'usinage de la fonte grise car, comme le graphite à basse densité ne peut être séparé, les lubrifiants réfrigérants s'enrichissent fortement en impuretés. L'hydrocyclone sépare en général uniquement les matières lourdes et laisse surnager de nombreuses impuretés.

5.2.5 Centrifugeuses

Les centrifugeuses utilisées pour le lavage des lubrifiants réfrigérants sont surtout des centrifugeuses à bol plein avec bord de surverse (figure 17). Le principe de fonctionnement est basé sur le phénomène de séparation des particules lourdes du milieu du support par une forte accélération (force centrifuge).

Attention : pour des accélérations et des temps de séjour trop élevés, la centrifugation provoque un appauvrissement de l'émulsion.

5.2.6 Filtres à diatomées

Les filtres à diatomées (figure 18) permettent de très grandes finesse de filtration, qui ne peuvent être obtenues par aucun autre système. Le media filtrant est une poudre granulée très poreuse composée de diatomées pétrifiées ; on l'utilise très largement dans l'usinage des métaux, pour la filtration des huiles, particulièrement de l'huile de rectification ou de polissage. Ce mode de filtration

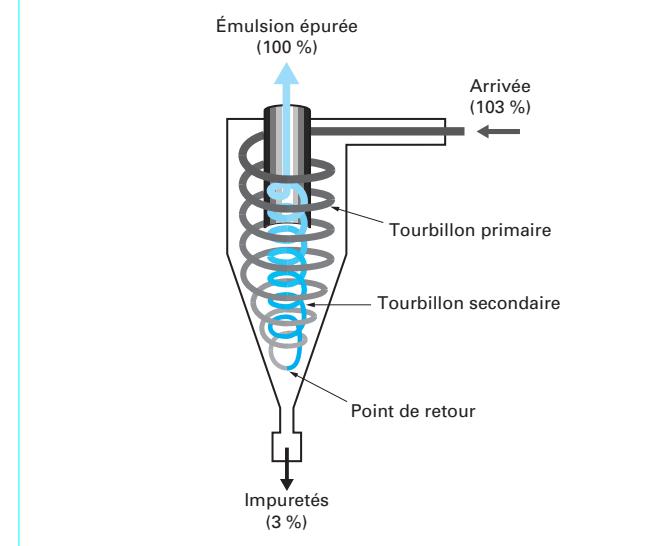


Figure 16 – Principe de fonctionnement d'un hydrocyclone

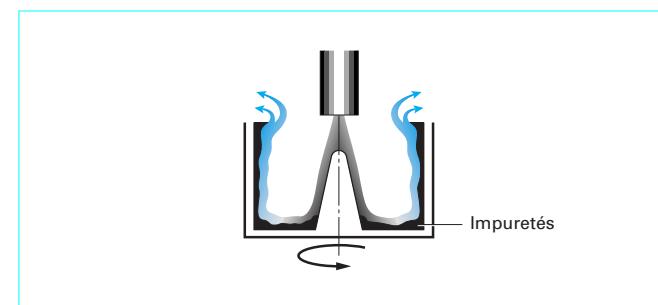


Figure 17 – Schéma d'une centrifugeuse à bol plein

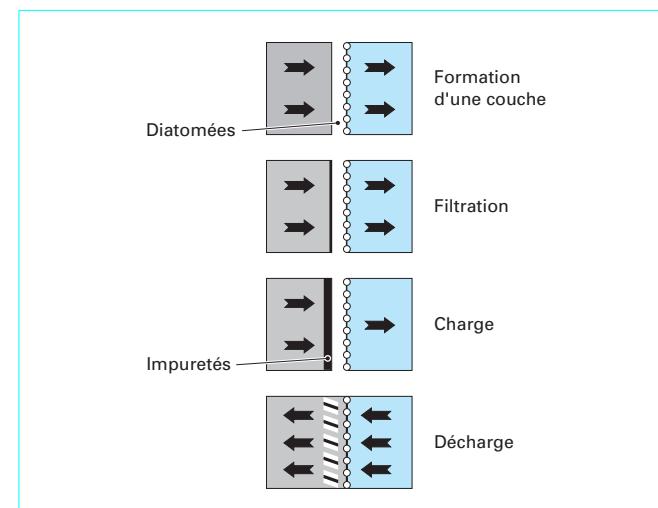


Figure 18 – Mode de fonctionnement d'un filtre à diatomées

convient également pour la filtration de lubrifiants réfrigérants entièrement synthétiques miscibles à l'eau, mais il **ne convient pas pour la filtration des émulsions**.

5.2.7 Élimination de l'huile de fuite

Les émulsions possèdent la caractéristique de ne pas émulsionner les huiles de fuite, mais de les entraîner à la surface pendant la phase de repos. Il est donc possible de les éliminer avec des appareils appropriés, et de décharger ainsi l'émulsion. Suivant l'infrastructure de l'entreprise, la conception de l'installation et les exigences techniques, l'écrémage peut être effectué manuellement au moyen d'appareils d'aspiration. Une autre possibilité est d'utiliser des séparateurs d'huile de surface qui permettent d'automatiser l'écoulement.

Pour les grandes installations qui fonctionnent 24 heures sur 24, les équipements décrits ci-dessus sont insuffisants. Dans ce cas, les centrifugeuses sont réglées de manière à éviter l'appauvrissement de l'émulsion, tout en obtenant la séparation des particules dispersées grossièrement.

5.3 Élimination des lubrifiants réfrigérants

5.3.1 Élimination des émulsions

Le traitement des rejets doit être fait de manière systématique dans le but :

- 1 – d'éviter les déchets ;
- 2 – de recycler le plus possible ;
- 3 – d'une utilisation énergétique possible ;
- 4 – enfin, seulement, d'une élimination.

Le concept « recycler au lieu d'éliminer » amène à une diminution radicale des déchets. Pour l'utilisateur, c'est la variante la plus

économique. En effet, le retraitement d'une émulsion usagée n'est pas connu jusqu'à aujourd'hui, car ces émulsions usagées sont contaminées de telle manière qu'un retraitement n'est pas envisageable ; mais on peut, cependant, en séparer les deux phases. La phase huileuse peut être utilisée comme combustible secondaire, la phase aqueuse (après traitement adapté) est déversée dans les canalisations ou réutilisée industriellement.

5.3.2 Réglementation

Si l'émulsion est séparée entre une phase huileuse et une phase aqueuse, deux questions concernant leur élimination se posent.

■ Que se passe-t-il avec la phase huileuse ?

La phase huileuse doit être éliminée thermiquement. Selon sa teneur en chlorures, le coût d'une telle élimination peut être très élevé.

Chaque pays possède sa propre législation concernant cette élimination.

■ Que se passe-t-il avec la phase aqueuse ?

Selon le procédé de préparation, les eaux d'égouts sont plus ou moins contaminées. Il existe une réglementation concernant les eaux de rejet dans les canalisations. Cette réglementation diffère d'un pays à l'autre et même souvent, dans un même pays, d'une commune à l'autre.

Pour des valeurs précises, il faut se renseigner auprès des bassins de la région.

5.3.3 Traitement des émulsions usagées

Il existe aujourd'hui différentes méthodes de traitement. Le tableau 8 indique quelques méthodes bien établies. Elles sont souvent utilisées en combinaison avec deux processus complémentaires (par exemple, cassage avant l'ultrafiltration puis ensuite osmose inverse).

Tableau 8 – Exemples de traitements des émulsions usagées

Procédé	Principe	Avantages	Inconvénients
Ultrafiltration et microfiltration	Au moyen d'une filtration très fine, les gouttelettes d'huile de l'émulsion sont séparées de la phase aqueuse	Procédé éprouvé, peu de boue, faible besoin en produits chimiques	Préparation du rétentat nécessaire, coût important, investissement élevé
Cassage au sel	Cassage de l'émulsion par ajout d'électrolytes salins (par exemple chlorure de fer, chlorure de calcium)	Procédé éprouvé, technique simple	Vieux procédé, forme des boues, besoin important en produits chimiques, importante teneur en sels dans l'eau
Cassage acide/sel combiné avec retraitement chimique et thermique du gâteau d'huile	Acide chlorhydrique ajouté à l'émulsion. La valeur du pH est ramenée à 1 et l'émulsion se casse	Peu de boue, bonne qualité	Procédé avec acide chlorhydrique, besoin de produits chimiques, contamination des eaux par les sels
Cassage organique	À la place des sels, des polyélectrolytes sont ajoutés à l'émulsion (casseur organique). Ces polyélectrolytes « ligaturent » les molécules d'émulgateurs	Peu de boue, frais d'exploitation peu élevés, procédé technique simple	Préparation d'une phase d'huile nécessaire, beaucoup de dépenses au laboratoire, procédé pas encore optimisé, produits chimiques nécessaires
Filtration par osmose inverse	Filtration plus fine que l'ultrafiltration, les substances dissoutes dans l'eau (sels, etc.) sont séparées	On obtient pratiquement de l'eau déminéralisée. Réutilisation de l'eau dans des installations de lavage, par exemple	Frais d'exploitation et d'investissement considérables, l'émulsion doit subir un premier traitement (ultrafiltration)
Évaporation	La partie aqueuse de l'émulsion est séparée des autres composants par distillation	Faible consommation en produits chimiques	Frais d'exploitation et besoin en énergie considérables, coûts d'investissement élevés

5.3.4 Mise en pratique d'un procédé

Les lois sur l'élimination des déchets spéciaux, ainsi que les coûts pour leur élimination, diffèrent suivant les pays. Les entreprises spécialisées devraient être capables de donner des conseils de spécialistes, pour ce qui est de la législation, des autorisations de transport, ainsi que des coûts.

Si un utilisateur veut traiter ses déchets lui-même, le marché peut proposer différentes possibilités.

Il est nécessaire de respecter les réglementations du pays et de la région concernés.

6. Conclusion

Nous regroupons ici, en conclusion, les principales actions à mettre en œuvre, afin de donner et de conserver au lubrifiant toutes les propriétés attendues.

- **Émulsionner** correctement le produit.
- **Respecter** le processus « huile dans eau », et procéder ensuite à un bon brassage.
- **Respecter** le taux de préconisation des concentrations en fonction de l'usinage à réaliser.
- **Nettoyer** le bac de la machine avec une lessive bactéricide (à 2 %) avant le remplissage (24 heures avant de vidanger). Possibilité de produire pendant ces 24 heures (l'opération de nettoyage est totalement transparente pour la production effectuée pendant ces 24 heures).

• **Respecter** la concentration d'origine en faisant des ajouts de la moitié de la valeur initiale.

• **Éviter impérativement** les ajouts d'eau pure (développement de bactéries) et de produit pur (mauvais mélange). En revanche, faire des ajouts de la même façon que pour le remplissage du bac, en adaptant leur concentration en fonction du besoin en produit de chaque machine.

• **Augmenter** volontairement la concentration afin de faciliter la stagnation du bain si une machine doit être à l'arrêt plusieurs jours.

• **Faire tourner** si possible la pompe du bac, voire l'arrosage, de façon à l'oxygénier.

• **Faire un écrémage** en surface du bac, avant la remise en marche de la machine afin d'en retirer les huiles étrangères ou équiper le bac d'un déshuileur.

• **Respecter les seuils minimaux** de 5 % en usinage et de 2,5 % en rectification (en tenant compte des indices de réfraction de certains produits).

En cas de non-application de ces quelques points essentiels, les signes de mauvaise santé du lubrifiant sont les suivants :

- baisse du pH ;
- baisse de la stabilité de l'émulsion ;
- baisse des propriétés antirouille ;
- augmentation du taux de bactéries ;
- augmentation des odeurs ;
- baisse des propriétés d'usinage.

Ne pas omettre qu'un lubrifiant est un produit d'usure.

Le respect de ces quelques points essentiels permet d'obtenir le meilleur rendement du lubrifiant de coupe.