

Les technologies alternatives au nettoyage de vêtements et d'articles textiles au perchloréthylène

Introduction

L'activité de pressing a pour vocation de **nettoyer**, pour le compte de tiers, des articles textiles et vêtements en quantités importantes. « Nettoyer » signifiant « rendre net », le nettoyage ne se limite pas à la notion de propreté, et donc à l'enlèvement de salissures mais doit assurer, aussi et surtout, la **préservation des articles textiles et vêtements**. En termes de composition (fibres), de contexture et de confection, la diversité des articles textiles et vêtements est telle que leur entretien est souvent plus complexe qu'il n'y paraît. Il consiste en une succession d'opérations, parmi lesquelles le nettoyage en machine, le séchage et la finition, dont l'aboutissement est la restitution des articles textiles et vêtements traités à leurs propriétaires, qu'ils souhaitent « comme neufs », et autant de fois que désiré. Deux principaux procédés existent :

1. le nettoyage en milieu solvant (nettoyage à sec), qui consiste en un procédé basé sur un solvant organique, généralement composé de 2 bains successifs (prélavage et lavage) suivi d'un séchage, le tout dans une même machine, et en circuit fermé.

Le résultat que procure ce procédé n'est autre qu'un lot d'articles textiles ou vêtements propres, peu froissés, en quantité relativement importante, qui ne demandent plus qu'à être repassés. La finition peut ainsi se limiter à un travail sur table à repasser, relativement rapide, pour un résultat final optimal. Beaucoup de fibres ou qualités de vêtements, parmi lesquelles les plus délicates, peuvent ainsi être traitées avec d'excellents résultats à la clé. Offrant une productivité optimale, le nettoyage en milieu solvant est le procédé

de prédilection historique de l'activité d'un pressing, pour ces raisons, en sachant bien sûr qu'il n'est pas nécessairement adapté à tout type d'article ou à toute exigence. Il faut aussi souligner que le solvant qui entre en contact avec les articles à traiter est recyclé par la machine de nettoyage à sec elle-même, à plus de 99,7% pour les machines les plus performantes.

2. le nettoyage à l'eau, qui consiste en un lavage très doux, destiné à prendre soin des articles délicats.

Ce procédé permet de répondre aux besoins de l'activité de pressing, sans les risques de pollution et les contraintes réglementaires associés à l'utilisation de solvant. Cela étant, bien que ce mode de nettoyage offre des possibilités non négligeables, avec une efficacité potentielle d'enlèvement de salissures très large, le séchage, comme la finition, sont très souvent plus complexes et consommateurs de temps. Le séchage et la finition peuvent d'ailleurs impliquer des équipements supplémentaires, en fonction des volumes à traiter et se dérouler en plusieurs étapes. Le lavage en tant que tel implique une gamme de plusieurs programmes, conçus en fonction des articles et faisant appel à plusieurs produits (détergent, apprêt,...). C'est la sensibilité à l'eau de certaines fibres qui en est la principale raison, avec comme conséquence, une productivité plus limitée et davantage de risques en matière de qualité finale. Adopté par certains exploitants comme procédé unique, le nettoyage à l'eau peut aussi s'envisager en tant que procédé parallèle ou complémentaire, limitant ainsi l'usage d'un solvant.

Les Fiches techniques :

les fiches techniques proposées ici sont utiles aux exploitants amenés à changer de technologie de nettoyage afin de satisfaire à l'obligation de substitution du perchloréthylène (cf. arrêté ministériel du 5 décembre 2009, rubrique n°2345 2345 des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement). Ces fiches techniques comportent des informations chiffrées évaluées avec le plus grand soin. Elles sont issues des recherches, enquêtes et appréciations effectuées par le CTTN et ont pour but de fournir des critères de choix et des informations pertinentes, qui ne peuvent pourtant revêtir une validité universelle. Il est bien évident que le lecteur doit s'efforcer de les confirmer, en consultant les distributeurs de matériels en ce qui concerne les tarifs, ou en les transposant au contexte de sa propre exploitation ou de son propre projet : volume à traiter, clientèle, exigences spécifiques, contraintes diverses, etc.

1. Nettoyage à sec

Les fiches techniques n°1 à 5 traitent des technologies alternatives actuelles de nettoyage à sec (alternatives au perchloréthylène). Elles reposent sur 4 solvants principaux : hydrocarbures, décaméthylcyclopentasiloxane (D5), Solvon K4® et Rynex 3E®.

- Ces solvants constituent des composés organiques volatils (COV) au sens réglementaire. Ils sont cependant très peu volatils en comparaison du perchloréthylène.
- Ils sont aussi classés en tant que solvants combustibles (point d'éclair > 60°C), ce qui implique des machines équipées de sécurités adaptées, conformément aux normes de construction en vigueur (ISO 8230, parties 1 et 3).

Les machines doivent aussi être auto-certifiées CE par leurs fabricants.

Tous ces solvants conduisent les exploitants de pressing à respecter la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE), rubrique n°2345 : arrêté ministériel du 5 décembre 2012 pour les installations soumises à Déclaration (capacité de traitement installée en nettoyage à sec inférieure ou égale à 50 kg).

Compte tenu des exigences que comporte ce texte, la marque NF 107 «machine de nettoyage à sec en circuit fermé» est requise pour l'ensemble des machines correspondantes.

Fluides frigorigènes :

Les fluides frigorigènes (HFC) utilisés actuellement dans les pompes à chaleur (PAC) des machines de nettoyage à sec sont les suivants :

- le R134a est généralement utilisé, notamment pour les machines aux hydrocarbures ou au D5 (avec ou sans distillateur) ;
- le R404a est employé pour les machines au Solvon K4®.

Certaines machines sont équipées de PAC fonctionnant au R407c. La plage des températures de fonctionnement des batteries chaudes et froides des PAC se situe à des valeurs plus élevées avec le R134a qu'avec le R404a. Le R407c se situe de façon intermédiaire.

Fluide frigorigène	Température du fluide batterie froide (°C)*	Température du fluide batterie chaude (°C)*
R134a	8 à 10	58 à 60
R407c	1 à 3	50 à 54
R404a	-2 à -3	45 à 47

* Valeurs approchées

Le choix effectué par le fabricant en matière de fluide frigorigène a des conséquences sur la puissance du chauffage additionnel (circuit de séchage) et donc sur les consommations d'énergie engendrées par le séchage. Il a aussi une conséquence sur les performances des phases de condensation et de désodorisation (cool down en fin de cycle), donc sur la consommation de solvant et les odeurs résiduelles éventuelles.

A noter que le R404a devrait être amené à disparaître d'ici 4 à 5 ans en raison de nouvelles règles environnementales européennes actuellement en préparation. Les fabricants opteront alors pour un fluide dont les caractéristiques thermodynamiques seront proches et qui permettra de recharger les pompes à chaleur des machines existantes. Ils ont également à disposition des solutions pour les machines neuves. Le fluide frigorigène constitue un point à examiner avec attention lors de l'achat d'une machine.

Notion de machines «multi-solvants» :

Cette appellation commerciale correspond à des machines capables de mettre en œuvre l'un ou l'autre des solvants précédemment énumérés. Il convient toutefois de faire preuve de prudence face à une telle appellation et de bien considérer la réalité des aptitudes techniques des machines. La marque NF 107 précise d'ailleurs quels sont le ou les solvants utilisables par une machine donnée (cf. liste des machines NF).

Exemples :

- une machine sans distillateur est susceptible de mettre en œuvre du D5, mais pas du Solvon K4® ou du Rynex3E®, puisque ces solvants impliquent un distillateur.
 - une machine au Solvon K4® est très probablement dimensionnée et équipée pour mettre en œuvre un hydrocarbure, mais l'inverse n'est pas forcément vrai, notamment en raison du fluide frigorigène ou d'autres paramètres comme le débit de ventilation du circuit de séchage.
- Par ailleurs, au-delà des capacités techniques des machines, des réglages (ou calibrations) doivent être opérés impérativement en cas de changement de solvant, notamment pour des questions de sécurité. Il est donc impératif de faire appel au fabricant ou à son représentant (distributeur, installateur) pour qu'il valide la possibilité d'effectuer les modifications nécessaires et les fasse lui-même. Une machine véritablement (techniquement) multi-solvants sera vraisemblablement d'un prix d'achat relativement élevé.

2. Nettoyage à l'eau

La fiche technique n°6 traite du nettoyage à l'eau, en prenant bien sûr en compte le séchage, et aussi la finition, points particulièrement importants dans le cadre de l'utilisation de cette technologie.

La description des principaux matériels, de leurs modes d'utilisation et des programmes que l'on peut mettre en œuvre fait appel à des exemples comportant certaines indications chiffrées, sous forme de fourchettes, ce qui tend à démontrer la diversité des solutions proposées et la nécessité d'une grande expertise quant aux capacités techniques de cette technologie, comme en ce qui concerne le textile et la confection.

Sur le plan réglementaire, en tant que procédé unique, le nettoyage à l'eau permet de s'affranchir de la réglementation ICPE applicable aux installations de nettoyage à sec et des coûts qu'elle engendre. Il n'en reste pas moins que traiter des volumes relativement importants en nettoyage à l'eau peut conduire à des investissements conséquents, dans de nombreux matériels, nécessitant aussi de l'espace. Les matériels concernés doivent respecter les normes de construction en vigueur et être auto-certifiés CE par leurs fabricants. Ces derniers doivent établir une déclaration de conformité aux normes et directives applicables en Europe.

Les rejets aqueux

Une machine de nettoyage à sec équipée de condenseurs à eau (condenseur auxiliaire ; condenseur de distillation) rejette de l'eau (de réfrigération) non polluée, seulement tiédie (environ 30 - 35°C).

Par ailleurs, il est extrêmement rare qu'une installation de nettoyage à sec ne pratique pas de lavage en parallèle (article de literie, chemises, ...). L'installation peut aussi employer en parallèle le nettoyage à l'eau, utilisable aussi en mode «blanchisserie». Dans ces derniers cas, les rejets sont constitués d'eaux usées. Il est alors recommandé de recycler l'eau de réfrigération (même si ce recyclage n'est généralement que partiel), en l'utilisant pour la réalisation des lavages ou des cycles de nettoyage à l'eau. Les rejets aqueux sont ainsi limités.

Le nettoyage à l'eau comme procédé unique rejette des eaux usées de la même façon.

Dans tous les cas, ces rejets sont considérés a priori comme des rejets industriels. Quels que soient les procédés en place, l'exploitant doit faire une demande d'autorisation de déversement en s'adressant à la mairie ou à la communauté urbaine du lieu.

Il signera ensuite une convention de rejet, ou bien une convention de non rejet et ce, en fonction des caractéristiques des rejets de son installation et des contraintes locales. Les rejets peuvent en effet être considérés respectivement comme des rejets industriels, ou assimilés à des rejets domestiques dans le cas de petites exploitations.

Sites internet et documents utiles :

www.cellule-animation.ffpb.fr
(aides à la substitution)

www.cttn-iren.fr (renseignements techniques)

www.ineris.fr/aida
(arrêté ministériel du 5 décembre 2012, rubrique ICPE n°2345)

Guide pour la mise en application de l'arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (2013 - CTTN/FFPB)

www.marque-nf.com
(liste des machines de nettoyage à sec NF, avec solvants associés à la certification)

www.anses.fr
avis ANSES du 12 octobre 2012 - Saisine n°2012-SA-0099

Machine de nettoyage à sec aux solvants hydrocarbures

1. Type de solvants et caractéristiques

Les hydrocarbures destinés au nettoyage à sec sont issus de la distillation du pétrole. Il s'agit de molécules composées uniquement de carbone et d'hydrogène sous la forme de chaînes carbonées longues, comportant généralement de 10 à 13 atomes de carbones. De tels hydrocarbures correspondent à la définition de solvant telle qu'elle est donnée dans l'Arrêté Ministériel du 5/12/2012 (*réglementation ICPE, rubrique n°2345*) :

- Solvant combustible, point d'éclair supérieur à 60°C ; Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) : 0,6%
- Classement CMR : non classé
- Densité : 0,77 (densité de l'eau : 1)
- Pression de vapeur à 20°C (volatilité du solvant) : environ 50 Pascal
- Composé Organique Volatil (COV) car P vapeur à 20°C > 10 Pa
- Indice KB (pouvoir dégraissant) : 30

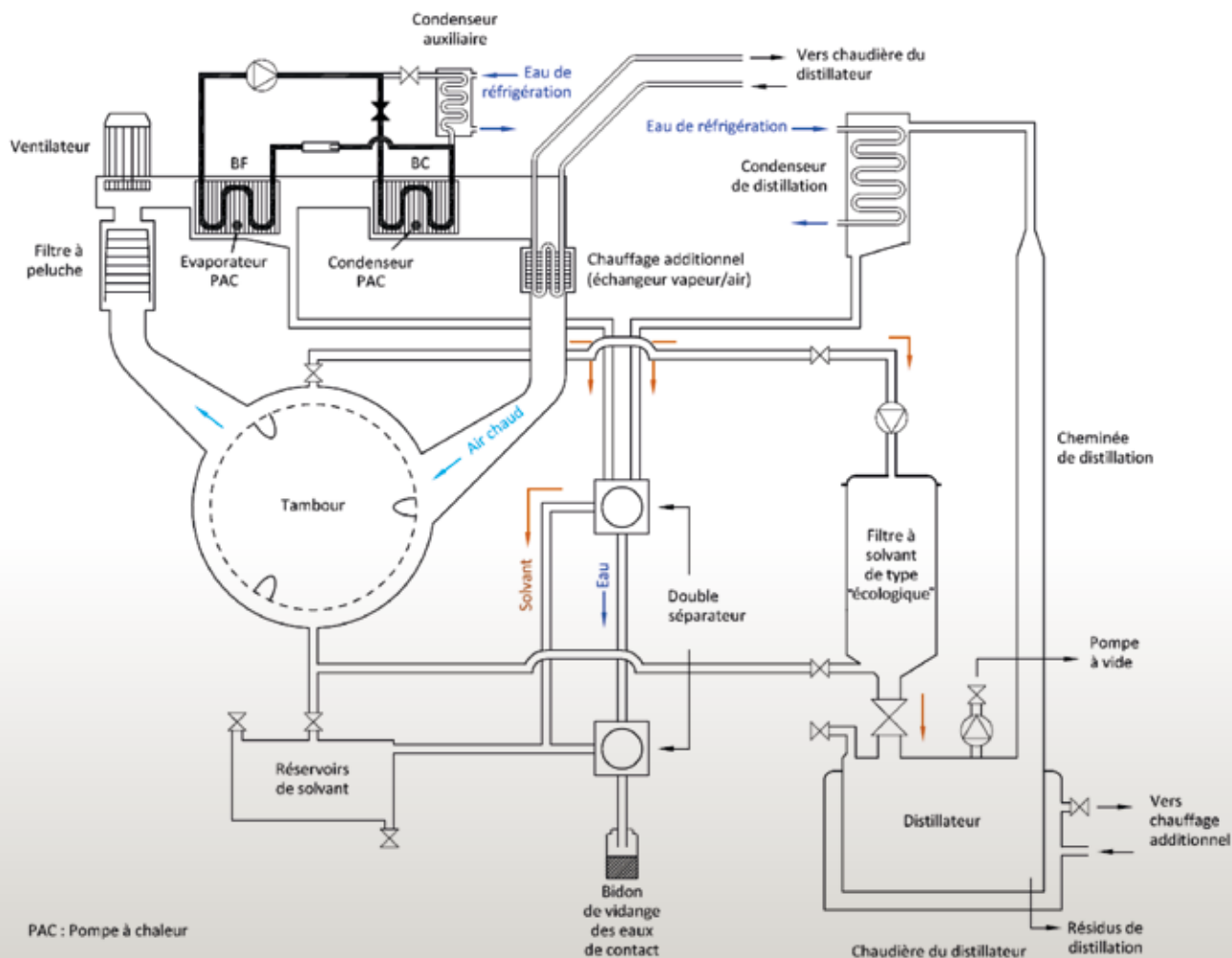
2. Machines de nettoyage à sec aux hydrocarbures

Machines à circuit fermé. Le cycle de nettoyage se déroule de manière confinée depuis l'introduction des vêtements dans la machine jusqu'à la fin du cycle, après le séchage complet des vêtements et le refroidissement de l'enceinte de séchage. Il existe trois configurations de machines, à savoir :

A. Machine équipée d'un distillateur

Le distillateur permet d'épurer le solvant souillé au contact des vêtements, notamment par les salissures présentes, et de le recycler pour les cycles de nettoyage suivants.

Schéma de principe :



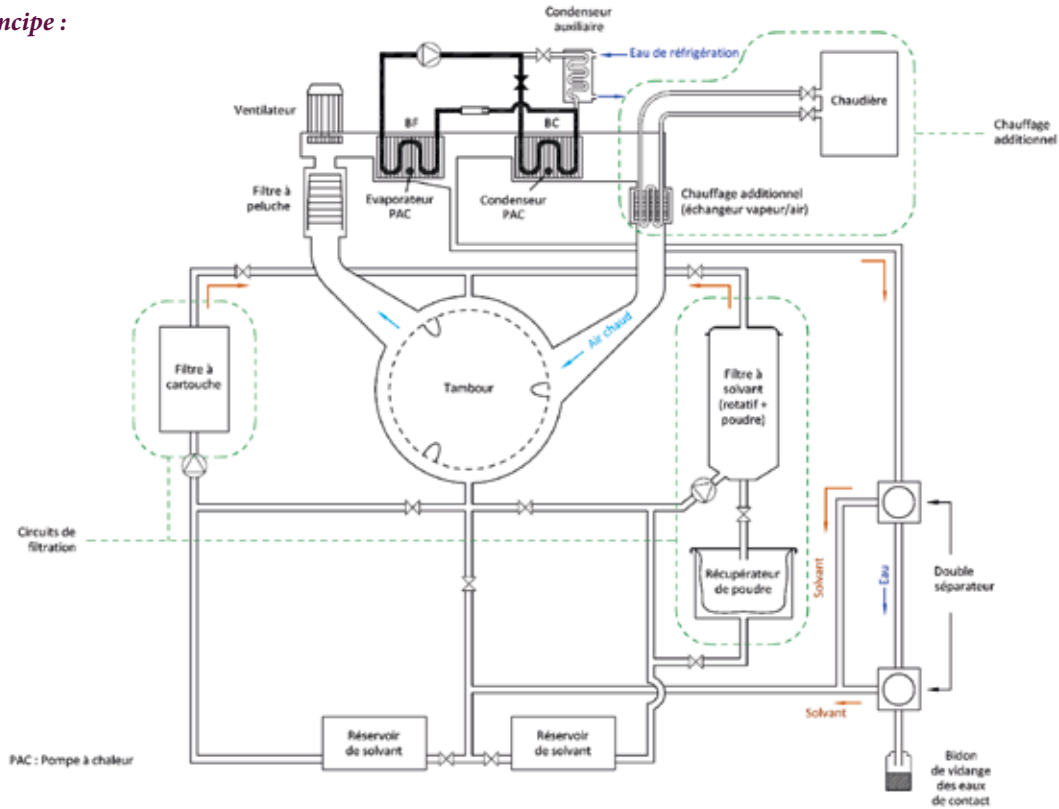
B. Machine sans distillateur

L'épuration du solvant est faite au moyen de filtres : filtre écologique avec poudre spécifique et filtre à cartouche. Ces filtres sont utilisés respectivement pour les vêtements foncés et pour les vêtements clairs. Ces phases d'épuration n'offrent pas la même efficacité que la distillation. L'épuration n'est que partielle.

Absence de pompe à vide.

B.1. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à eau

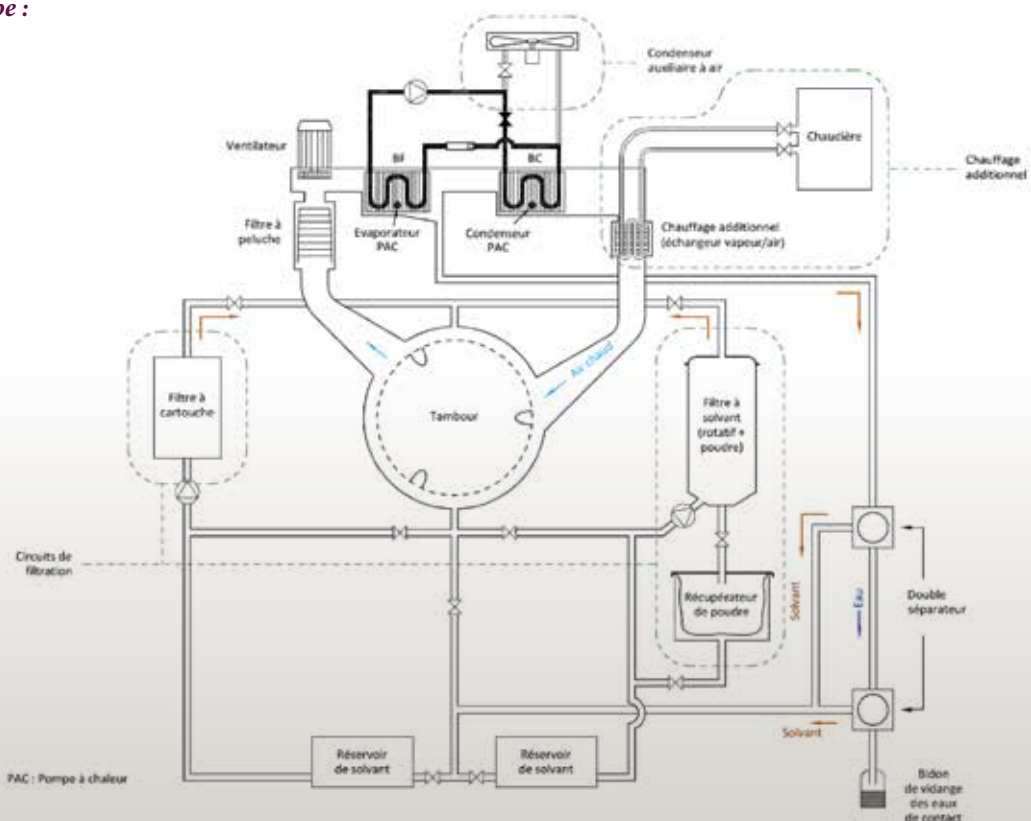
Schéma de principe :



B.2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

Le condenseur auxiliaire de la pompe à chaleur est un échangeur à air, fluide frigorigène/air, à ventilation forcée : le condenseur à air.

Schéma de principe :



Valeur limite : le seuil maximum d'émission à l'atmosphère de 20g/kg (*Directrice COV et Arrêté Ministériel du 5/12/2012 - rubrique n°2345 des ICPE*) est facilement maîtrisable compte tenu de la faible volatilité du solvant.

Risque spécifique : le mélange air/vapeurs de solvant à l'intérieur de la machine en fonctionnement présente un risque potentiel d'inflammabilité lié à la concentration en vapeur de solvant si celle-ci était amenée à atteindre ou dépasser la LIE. Phases concernées : séchage des vêtements ; distillation du solvant usagé, pour la configuration concernée (*cf. cas A*).

Ce risque est totalement maîtrisé de par la conception des machines, la calibration et le réglage des paramètres qui définissent le procédé de nettoyage. Les machines sont sécurisées. Elles respectent les normes de construction en vigueur, lesquelles normes prennent en compte ce risque : NF EN ISO 8230 (*parties 1 et 3*). L'auto-certification CE du fabricant, basée sur l'application des normes en vigueur et sur une analyse de risque, ainsi que la marque NF 107 «machines de nettoyage à sec en circuit fermé» en attestent.

- lors du séchage : la concentration en vapeur de solvant à l'intérieur de la machine est limitée à une valeur inférieure à 70 % de la LIE par un dispositif de contrôle répondant aux normes précitées ;
- en phase de distillation : pour les machines dotées d'un distillateur (*cf. cas A*), la distillation a lieu sous vide partiel. La concentration en oxygène (comburant) est ainsi nettement insuffisante pour qu'une inflammation ou une explosion ait lieu. Le fonctionnement du distillateur est sécurisé selon les spécifications des normes précitées.

La machine doit être utilisée avec le solvant prévu par le fabricant, sans modification des paramètres de fonctionnement au-delà de ce qu'il autorise, entretenue régulièrement et faire l'objet d'une révision annuelle tel que demandé par l'Arrêté Ministériel du 5/12/2012. Le solvant doit être expressément prévu pour une utilisation en nettoyage à sec (*cf. Fiche de données de sécurité*).

Données économiques :

Montant indicatif de l'investissement (pour une capacité de chargement de 12 kg)

A. Machine équipée d'un distillateur

Machine : environ 42 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT
(hors changement éventuel d'abonnement fourniture électricité)

Prix moyens des consommables :

Solvant : 4,10 € HT par litre
Renforceur de nettoyage : 8,80 € HT par kg

B1. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à eau

Machine : environ 36 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT

Puissance installée :

A. Machine équipée d'un distillateur : 18 kW
B. Machine sans distillateur (B1 et B2) : 8 kW (avec chaudière additionnelle)

B2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

Machine : environ 38 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT

3. Performances du procédé : pour une machine de 12 kg de capacité de chargement

A. Machine équipée d'un distillateur

- Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,85 € HT/kg**
- Durée des cycles (2 bains, distillation continue) : 70 mn
- Consommation d'énergie électrique : environ 1,1 kWh/kg
- Consommation d'eau de réfrigération : environ 28 litres/kg (*condenseurs auxiliaire et de distillation*)
- Consommation de solvant : jusqu'à 14 g/kg (*sur la durée de vie de la machine*)
- Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 10 g/kg
- Pertes de solvant via les résidus de distillation, les médias filtrants usagés et l'eau de contact : jusqu'à 4 g/kg

B1. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à eau

- Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,75 € HT/kg**
- Durée des cycles (2 bains) : 70 mn (*avec chaudière additionnelle*)
- Consommation d'énergie électrique : environ 0,80 kWh/kg
- Consommation d'eau de réfrigération : environ 12 litres/kg (*condenseurs auxiliaire seul*)
- Consommation de solvant : jusqu'à 17 g/kg (*sur la durée de vie de la machine*)
- Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 11 g/kg
- Pertes de solvant via le renouvellement de la poudre de filtration, les filtres usagés et l'eau de contact : jusqu'à 6 g/kg

B2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

- Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,75 € HT/kg**
- Durée des cycles (2 bains) : 70-75 mn
- Consommation d'énergie électrique : environ 0,85 kWh/kg
- Consommation d'eau de réfrigération : nulle
- Consommation de solvant : jusqu'à 18 g/kg (*sur la durée de vie de la machine*)
- Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 12 g/kg
- Pertes de solvant via le renouvellement de la poudre de filtration, les filtres usagés et l'eau de contact : jusqu'à 6 g/kg

Nota : l'absence de consommation d'eau, bien qu'intéressante, ne génère qu'une économie très limitée.

* le coût de production au poste de nettoyage comprend l'amortissement de la machine et de son installation, la main d'œuvre, l'eau de refroidissement, l'énergie, le solvant, le renforceur de nettoyage, les frais d'entretien, le retraitement des déchets.
** kg : kilogramme de vêtements traités

Performances sur les vêtements :

• **Enlèvement de salissures** : les solvants hydrocarbures seuls offrent des performances de nettoyage assez moyennes par rapport au perchloréthylène. Comme compensation, ils impliquent l'emploi systématique d'un renforçateur de nettoyage spécifique et une accentuation du pré brossage, voire du pré détachage.

Consommation de renforçateur : évaluée à 3 à 5 g/kg de vêtements.

• **Préservation des vêtements** : les solvants hydrocarbures, relativement «doux», assurent généralement une très bonne préservation des articles, notamment de certains articles fragiles ou d'accessoires. Il reste à prendre garde à la température de séchage, plus élevée qu'en présence de perchloréthylène, ce qui peut aussi parfois causer des dommages.

• **Finition des vêtements** : la finition reste équivalente, voire plus aisée qu'après un cycle de nettoyage au perchloréthylène. Pas de temps supplémentaire, ni de surcoût induit par la finition. La table à repasser professionnelle suffit dans la plupart des cas.

• **Odeur résiduelle** : très faible.

Nota :

A. Machine équipée d'un distillateur

La distillation permet de conserver dans les réservoirs un solvant parfaitement épuré après contact avec les vêtements et de régler facilement les problèmes éventuels de décoloration.

B. Machine sans distillateur (B1 et B2)

L'absence de distillation ne permet pas d'épurer parfaitement le solvant après contact avec les vêtements, ni de régler facilement les problèmes éventuels de décoloration. Il convient de traiter des vêtements relativement peu souillés et peu fragiles quant aux coloris. Des difficultés peuvent aussi être rencontrées pour traiter d'éventuels phénomènes de développement bactérien (odeurs, ...).

4. Déchets et rejets

- Résidus de distillation (*cf. cas A*) : 1 à 1,3 kg pour 10 cycles. Salissures en provenance des vêtements, résidus de renforçateur de nettoyage et environ 30 % de solvant en masse (*à confier impérativement à une filière de traitement agréée*).
- Eau de contact : 2 à 4 litres/jour, contenant environ 0,3 % de solvant en masse.
- Filtre à cartouche : autonomie de 300 cycles (*cf. cas B*).
- Poudre de filtration contenant du solvant (*cf. cas B*) : 1,5 à 2,5 kg à renouveler tous les 25 cycles. Teneur en solvant : 50 à 60%.
- Autres filtres éventuels.
- Eau de réfrigération (*non polluée ; cf. cas A et B1*).

5. Principaux impacts environnementaux

L'oxydation photochimique¹ due aux émissions de vapeurs de solvant à l'atmosphère est l'impact prépondérant (*cf. étude ACV CTTN/ADEME - 2013*). Les consommations d'eau et d'énergie sont relativement élevées pour les machines avec distillateur. Un potentiel de bioaccumulation existe surtout pour les molécules ramifiées ou comportant des cycles (*cf. avis ANSES, 12 oct. 2012*). Il est préférable d'opter pour un solvant en C10-C13 (*cf. FDS ; dégradation plus rapide*).

¹ Génération d'ozone dans la basse atmosphère.

6. Dangers sanitaires

- Faible toxicité aigüe par voie orale ou cutanée ou par inhalation.
- Irritation cutanée, dessèchement de la peau possibles.
- Non classé CMR.
- Pas de classification harmonisée (Européenne) actuellement.
- Classification harmonisée proposée : H304 (*peut être mortel en cas d'ingestion ou de pénétration dans les voies respiratoires*) ; H66 (*l'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau*).
- VLEP 8h indicative (exposition des salariés) : 100 ppm en général (*cf. Fiche de Données de Sécurité*).

7. Réglementation applicable

réglementation ICPE, rubrique n°2345, arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (*cf. Guide FFPB/CTTN - 2013*)

- La machine doit être équipée d'un contrôleur de séchage, et le cas échéant (*cf. cas A*) d'une vidange automatique des résidus de distillation, d'un système hermétique de raclage du distillateur.
- Le local qui accueille la machine doit être ventilé mécaniquement au moyen d'une ventilation adaptée (*cf. arrêté précité*).

8. Les bons gestes

- Prendre connaissance de la notice d'utilisation et d'entretien.
- Ne pas modifier la calibration ou le réglage des paramètres définissant un fonctionnement sécurisé.
- S'assurer régulièrement de l'étanchéité de la machine en fonctionnement.
- Faire vérifier l'état de la pompe à chaleur au moins une fois par an.
- Déverser les eaux de contact dans un bidon de décantation.
- Assurer un entretien régulier des séparateurs/décanteurs : nettoyage, fonctionnement.
- Comme c'est le cas pour tout solvant, ne pas utiliser de flamme à proximité de la machine et du stock de solvant.
- Proscrire tout appareil à présence de flamme telle qu'un chauffe-eau ou une chaudière à combustible.
- Limiter le stock de solvant à la quantité nécessaire à une mise à niveau des réservoirs de la machine.
- Prévoir un lieu de stockage spécifique pour le solvant, dans un endroit clos et aéré.
- Prévoir un suivi des consommations machine par compteur d'eau et compteur électrique.
- Se procurer la Fiche de Données de Sécurité (FDS) relative au solvant approvisionné et s'assurer qu'il répond bien à la définition de l'arrêté du 5 décembre 2012 (*Point d'éclair* > 60°C). Il existe en effet une multitude d'hydrocarbures non destinés au nettoyage à sec.

Et pour :

A. Machine équipée d'un distillateur

- Nettoyer les filtres à air au moins 2 fois par jour.
- Faire traiter les résidus de distillation en faisant appel à une filière agréée. Avant collecte, conserver ces résidus en fût hermétiquement fermé. Faire de même pour tout déchet solvanté tel que les filtres usagés éventuels.

B. Machine sans distillateur (B1 et B2)

- Nettoyer les filtres à air tous les 2 à 3 cycles.
- Confier tout déchet solvanté (*ex : filtres, poudre filtrante usagée*) pour traitement à une filière agréée. Avant collecte, conserver ces déchets dans des contenants adaptés hermétiquement fermés.
- Laisser égoutter environ 48 heures la poudre issue du filtre (*tombée de filtre*), dans le réceptacle prévu à cet effet afin de récupérer le maximum de solvant contenu dans celle-ci.

9. Points critiques

- La vitesse d'essorage est élevée : prendre garde à la propagation éventuelle de vibrations.
- Eau de contact : solvant plus léger que l'eau, miscibilité relativement importante. Manipuler le bidon de vidange (décantation) avec précaution lors de la réintroduction du solvant dans la machine et lors de l'élimination de l'eau.

A. Machine équipée d'un distillateur

- Présence d'une pompe à vide, essentielle à la distillation du solvant : à maintenir en parfait état de fonctionnement.

B. Machine sans distillateur (B1 et B2)

- Risque de redéposition de salissures, visible sur vêtements clairs.
- Nettoyage du 1^{er} séparateur 1 fois par mois ; nettoyage des réservoirs une fois par an.
- Ces machines comportent en général une chaudière permettant d'alimenter en vapeur un réchauffeur additionnel (échangeur vapeur/air). La pompe à chaleur fonctionne bien avec un fluide frigorigène qui procure une température élevée à la batterie chaude (R134a). Cependant, une telle chaudière complémentaire (*cf. schéma*) est indispensable pour bénéficier d'un apport de calories (échangeur de chaleur vapeur/air) qui assure un séchage plus performant.

B2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

- Les machines à condenseur auxiliaire à air ne sont pas recommandées pour les ambiances de travail chaudes qui peuvent altérer l'efficacité de l'échange thermique et dégrader l'efficacité de la pompe à chaleur : séchage plus long, teneur résiduelle de solvant dans les vêtements accrue. Bien ventiler le local.

Commentaire général : bien qu'offrant un pouvoir dégraissant assez moyen, les hydrocarbures constituent une alternative employée dans plusieurs pays, notamment aux USA, et surtout en Allemagne, depuis plus de 20 ans, par de nombreux pressings. Ne présentant pas l'inconvénient d'une odeur résiduelle, avec une faible volatilité, les hydrocarbures destinés au nettoyage à sec constituent une solution relativement souple à l'usage.

Les machines sans distillateur sont plus économiques à l'achat. Les machines sans distillateur à condenseur auxiliaire présentent l'intérêt d'une absence totale de consommation d'eau. Ces dernières sont plutôt destinées aux petites exploitations, où le nombre de cycles par jour est réduit (*5 à 6 cycles maximum*), les cycles ayant tendance à être plus longs. Ces machines consomment légèrement plus de solvant (*efficacité condensation/ désodorisation moindre*).

Machine de nettoyage à sec à pulvérisation d'hydrocarbures

1. Type de solvant et caractéristiques

Les hydrocarbures destinés au nettoyage à sec sont issus de la distillation du pétrole. Il s'agit de molécules composées uniquement de carbone et d'hydrogène, sous la forme de chaînes carbonées longues, comportant généralement de 10 à 13 atomes de carbone. De tels hydrocarbures correspondent à la définition de solvant telle qu'elle est donnée dans l'arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (réglementation ICPE, rubrique n°2345).

Solvant combustible, point d'éclair supérieur à 60°C ; Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) : 0.6%

Classement CMR : non classé

Densité : 0,77 (densité de l'eau : 1)

Pression de vapeur à 20°C (volatilité du solvant) : environ 50 Pascal

Composé Organique Volatil (COV) car P vapeur à 20°C > 10 Pa

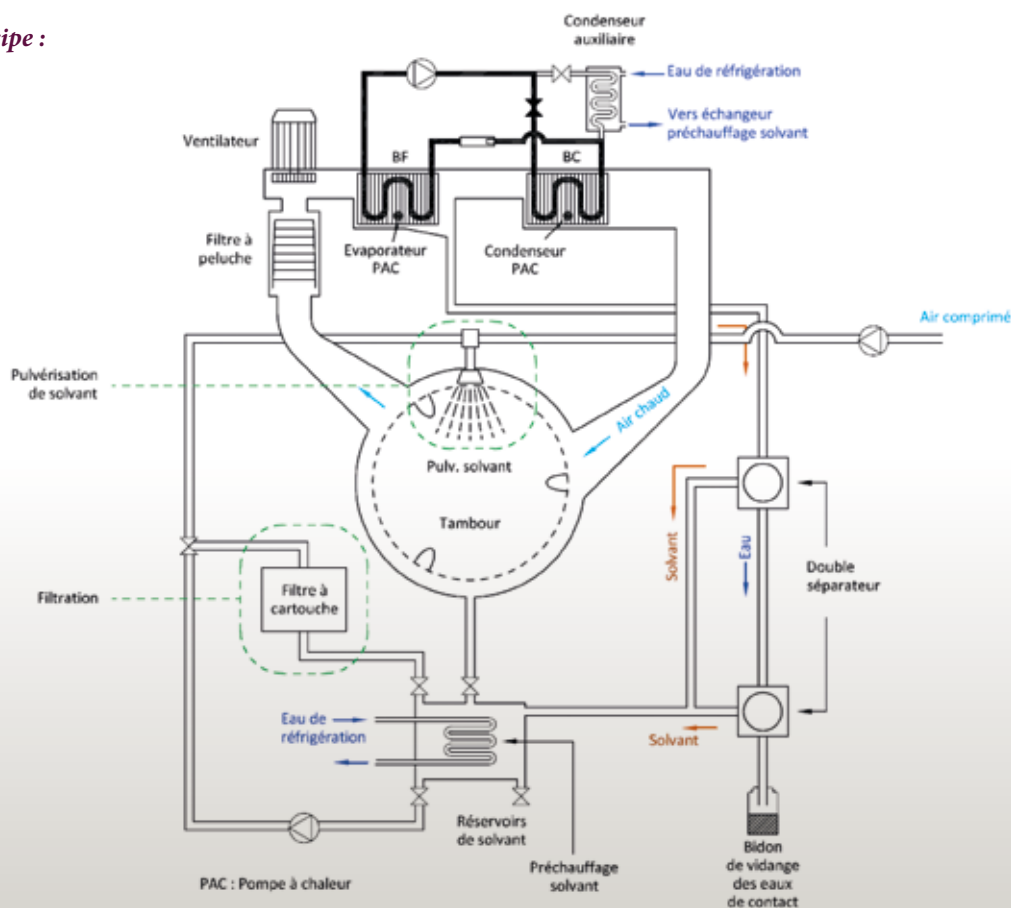
Indice KB (Pouvoir dégraissant) : 30

2. Machine de nettoyage à sec à pulvérisation

Ce type de machines met en œuvre un solvant hydrocarbure (cf. ci-dessus). Le nettoyage des vêtements ne s'effectue pas ici en plein bain puisqu'ils sont soumis à une pulvérisation de solvant, à l'intérieur du tambour, au moyen de buses spécifiques. La pompe à chaleur fonctionne quasiment en permanence afin de chauffer l'air circulant à l'intérieur du tambour et ce, dans le but de préchauffer les vêtements à près de 50°C. Le solvant peut lui aussi être préchauffé (35 à 40°C) au moyen d'un échangeur alimenté par l'eau issue du condenseur auxiliaire de la pompe à chaleur. Ces deux opérations ont pour but d'augmenter l'effet nettoyant du solvant.

- Il s'agit bien sûr de machines à circuit fermé. Le cycle de nettoyage se déroule de manière confinée depuis l'introduction des vêtements dans la machine jusqu'à la fin du cycle, après le séchage complet des vêtements et le refroidissement de l'enceinte de séchage.
- L'épuration du solvant est faite au moyen d'un filtre : double cartouche de forte autonomie (plusieurs centaines de cycles). Cette phase d'épuration n'offre toutefois pas la même efficacité que la distillation et n'est que partielle.
- Sur certaines machines, le réservoir de solvant est de petite taille, contenant seulement 25 litres (l'enveloppe du filtre à solvant contient environ 65 litres de solvant).
- Certaines de ces machines peuvent aussi effectuer des cycles de nettoyage en plein bain.
- Absence de pompe à vide, absence d'essorage (si absence de bain).

Schéma de principe :



Valeur limite : le seuil maximum d'émission à l'atmosphère de 20g/kg (*Directrice COV et Arrêté Ministériel du 5/12/2012 - rubrique n°2345 des ICPE*) est facilement maîtrisable compte tenu de la faible volatilité du solvant.

Risque spécifique : le mélange air/vapeurs de solvant à l'intérieur de la machine en fonctionnement présente un risque potentiel d'inflammabilité lié à la concentration en vapeur de solvant, si celle-ci était amenée à atteindre ou dépasser la LIE.

Phases concernées : séchage des vêtements.

Ce risque est totalement maîtrisé de par la conception des machines, la calibration et le réglage des paramètres qui définissent le procédé de nettoyage. Les machines sont sécurisées. Elles respectent les normes de construction en vigueur, lesquelles normes prennent en compte ce risque : NF EN ISO 8230 (*parties 1 et 3*). L'auto-certification CE du fabricant, basée sur l'application des normes en vigueur et sur une analyse de risque, ainsi que la marque NF 107 «machines de nettoyage à sec en circuit fermé» en attestent.

- lors du séchage : la concentration en vapeur de solvant à l'intérieur de la machine est limitée à une valeur inférieure à 70 % de la LIE par un dispositif de contrôle répondant aux normes précitées ;

La machine doit être utilisée avec le solvant prévu par le fabricant, sans modification des paramètres de fonctionnement au-delà de ce qu'il autorise, entretenue régulièrement et faire l'objet d'une révision annuelle tel que demandé par l'Arrêté Ministériel du 5/12/2012. Le solvant doit être expressément prévu pour une utilisation en nettoyage à sec (*cf. Fiche de données de sécurité*).

Données économiques :

Montant indicatif de l'investissement (pour une capacité de chargement de 12 kg)

Machine : environ 38 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT

Prix moyens des consommables : Solvant : 4,10 € HT par litre - Puissance installée : 10 kW

3. Performances du procédé : pour une machine de 12 kg de capacité de chargement

Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,75 € HT/kg **

Durée des cycles : 45-50 mn

Consommation d'énergie électrique : environ 0,5 kWh/kg

Consommation d'eau de réfrigération : environ 8,5 litres/kg (*condenseurs auxiliaire seul*)

Consommation de solvant : 11 g/kg

Facteur d'émission à l'atmosphère : 10 g/kg

Pertes de solvant via le renouvellement de la cartouche filtrante, d'autres médias filtrants

éventuels usagés et l'eau de contact : 1 g/kg

* le coût de production au poste de nettoyage comprend l'amortissement de la machine et de son installation, la main d'œuvre, l'eau de refroidissement, l'énergie, le renforteur de nettoyage, les frais d'entretien, le retraitement des déchets.

** kg : kilogramme de vêtements traités

Performances sur les vêtements :

- **Enlèvement de salissures :** les solvants hydrocarbures seuls offrent des performances de nettoyage assez moyennes par rapport au perchloréthylène. Par ailleurs, la spécificité de telles machines est que le nettoyage n'a pas lieu en plein bain. Outre les prétraitements habituels, il implique un prétraitement spécifique des vêtements, par une pulvérisation externe à la machine d'un produit tensioactif en solution et ce, à l'aide d'un pulvérisateur électrique.

- **Préservation des vêtements :** les solvants hydrocarbures, relativement «doux», assurent généralement une très bonne préservation des articles, notamment de certains articles fragiles ou d'accessoires. Il reste à prendre garde à la température de séchage, plus élevée qu'en présence de perchloréthylène, ce qui peut parfois causer aussi des dommages. Par ailleurs, dans ce cas, la pulvérisation de solvant peut engendrer des auréoles (*certaines salissures ou coloris instables*).

- **Finition des vêtements :** la finition est généralement plus aisée et ce, de façon significative, par rapport à toute autre technologie du fait de l'absence d'essorage, opération qui a tendance à froisser les articles. Une table à repasser professionnelle suffit.

- **Temps de traitement :** du fait de la durée des cycles et du temps économisé au repassage, le temps de traitement est avantageux (*il faut toutefois considérer le temps nécessaire au prétraitement par pulvérisation, nécessaire à de nombreux articles*).

- **Odeur résiduelle :** très faible.

Nota : la pulvérisation de solvant n'offre pas une efficacité comparable à une machine en plein bain (dans laquelle on met d'ailleurs en œuvre très couramment des cycles à deux bains : pré-lavage et lavage). L'absence de distillation ne permet pas d'épurer parfaitement le solvant après contact avec les vêtements, ni de régler facilement les problèmes éventuels liés à des phénomènes de décoloration. Il convient de traiter des vêtements relativement peu souillés et peu fragiles quant aux coloris. Des difficultés peuvent aussi être rencontrées pour traiter d'éventuels phénomènes de développement bactérien (odeurs, ...).

4. Déchets et rejets

- Cartouche filtrante contenant du solvant résiduel, des salissures en provenance des vêtements, des résidus de tensioactif (*à confier impérativement à une filière de traitement agréée*).

- Eau de contact : contient environ 0,3 % de solvant en masse.

- Eau de réfrigération (non polluée).

5. Principaux impacts environnementaux

L'oxydation photochimique¹ des émissions de vapeurs de solvants hydrocarbures à l'atmosphère est un impact à prendre en compte (cf. étude ACV CTTN/ADEME - 2013). Les consommations d'eau (*condenseur auxiliaire*) et d'énergie sont relativement élevées (*PAC fonctionnant en quasi permanence*). Un potentiel de bioaccumulation existe surtout pour les molécules comportant des branches ou des cycles (cf. avis ANSES - 12 oct. 2012). Il est préférable d'opter pour un solvant en C10-C13 (cf. FDS ; *dégradation plus rapide*).

¹ Génération d'ozone dans la basse atmosphère

6. Dangers sanitaires

- Ne pas ingérer.
- Faible toxicité aigüe par voie orale ou cutanée ou par inhalation.
- Irritation cutanée, dessèchement de la peau possibles.
- Non classé CMR.
- Pas de classification harmonisée (*Européenne*) actuellement.
- Classification harmonisée proposée : H304 (*peut être mortel en cas d'ingestion ou de pénétration dans les voies respiratoires*) ; H66 (*l'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau*).
- VLEP 8h indicative (*exposition des salariés : 100 ppm en général - cf. indications sur FDS*).

7. Réglementation applicable

 réglementation ICPE, rubrique n°2345, arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (cf. Guide FFPB/CTTN - 2013)

- La machine doit être équipée d'un contrôleur de séchage, d'une vidange automatique des résidus de distillation, d'un système hermétique de raclage du distillateur.
- Le local qui accueille la machine doit être ventilé mécaniquement au moyen d'une ventilation adaptée (cf. *arrêté précité*).

8. Les bons gestes

- Prendre connaissance de la notice d'utilisation et d'entretien.
- Ne pas modifier la calibration ou le réglage des paramètres définissant un fonctionnement sécurisé.
- S'assurer régulièrement de l'étanchéité de la machine en fonctionnement.
- Nettoyer le filtre à air à chaque cycle.
- Faire vérifier l'état de la pompe à chaleur au moins une fois par an.
- Déverser les eaux de contact dans un bidon de décantation.
- Assurer un entretien régulier des séparateurs/décanteurs : nettoyage, fonctionnement
- Confier tout déchet solvanté (*ex : cartouche du filtre à solvant*) pour traitement à une filière agréée. Avant collecte, conserver ces déchets dans des contenants adaptés hermétiquement fermés.
- Comme c'est le cas pour tout solvant, ne pas utiliser de flamme à proximité de la machine et du stock de solvant. Proscrire tout appareil à présence de flamme telle qu'un chauffe-eau ou une chaudière à combustible.
- Limiter le stock de solvant à la quantité minimum nécessaire à une mise à niveau des réservoirs de la machine.
- Prévoir un lieu de stockage spécifique pour le solvant, dans un endroit clos et aéré.
- Prévoir un suivi des consommations machine par compteur d'eau et compteur électrique.
- Se procurer la Fiche de Données de Sécurité (FDS) relative au solvant approvisionné et s'assurer qu'il répond bien à la définition de l'arrêté du 5 décembre 2012 (*Point d'éclair > 60°C*). Il existe en effet une multitude d'hydrocarbures non destinés au nettoyage à sec.

9. Points critiques

- La pompe à chaleur fonctionne presque en permanence (*bruit correspondant quasi permanent*).
- L'absence de bain de solvant peut engendrer un phénomène d'usure des vêtements.
- Eau de contact : solvant plus léger que l'eau, miscibilité relativement importante. Manipuler le bidon de vidange (*décantation*) avec précaution lors de la réintroduction du solvant dans la machine et lors de l'élimination de l'eau.

Commentaire général : l'intérêt de ce type de machine réside dans les points suivants : peu de solvant à l'intérieur de la machine, cycles écourtés par rapport aux autres procédés alternatifs, absence d'essorage (absence de vibrations), repassage facilité, coûts réduits. Outre ces considérations, les performances d'enlèvement de salissures n'étant pas du même niveau qu'une machine en plein bain, il convient de réserver ce type de machine aux articles textiles peu souillés, pour des volumes de production réduits, en complément d'un procédé de nettoyage à l'eau, par exemple.

Machine de nettoyage à sec au décaméthylcyclopentasiloxane (D5)

1. Type de solvant et caractéristiques

Le décaméthylcyclopentasiloxane (D5 ou Greenearth®) est un dérivé d'hydrocarbure, siliconé. Il est obtenu par procédés chimiques à partir de chlorométhane. Sa molécule contient 5 atomes de silicium associés à du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. La constitution de sa molécule peut s'exprimer ainsi : $C_{10}H_{30}O_5Si_5$.

Ce solvant correspond à la définition de solvant telle qu'elle est donnée dans l'arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (*réglementation ICPE, rubrique n°2345*).

Solvant combustible, point d'éclair : 77°C ; Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) : 0,7%

Classement CMR : non classé

Densité : 0,95 (densité de l'eau : 1)

Pression de vapeur à 20°C (volatilité du solvant) : environ 20 Pascal

Composé Organique Volatil (COV) car P vapeur à 20°C > 10 Pa

Indice KB (pouvoir dégraissant) : 13

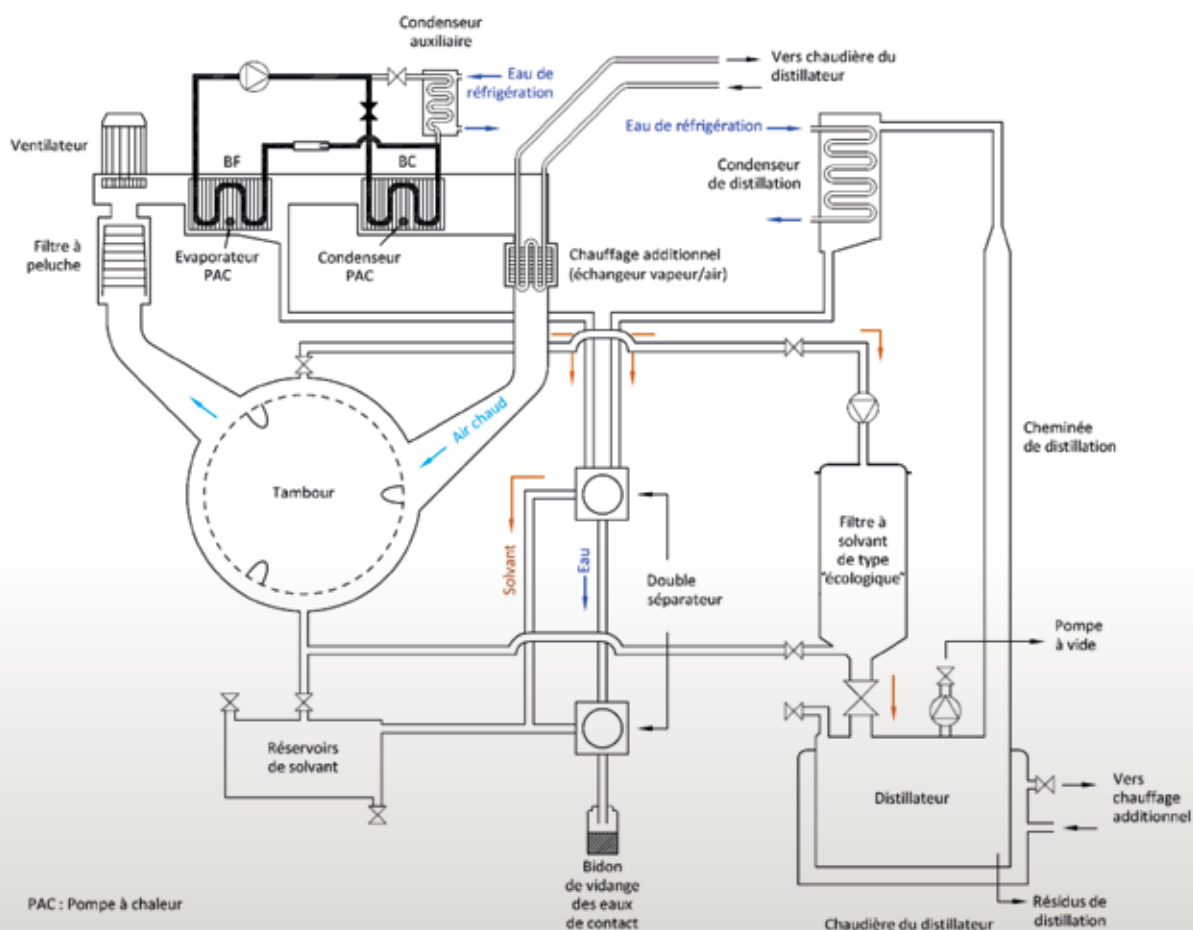
2. Machines de nettoyage à sec au D5

Machines de nettoyage à sec à circuit fermé. Le cycle de nettoyage se déroule de manière confinée depuis l'introduction des vêtements dans la machine jusqu'à la fin du cycle, après le séchage complet des vêtements et le refroidissement de l'enceinte de séchage.

A. Machine équipée d'un distillateur

Le distillateur permet d'épurer le solvant souillé au contact des vêtements, notamment par les salissures présentes, et de le recycler pour les cycles de nettoyage suivants.

Schéma de principe :



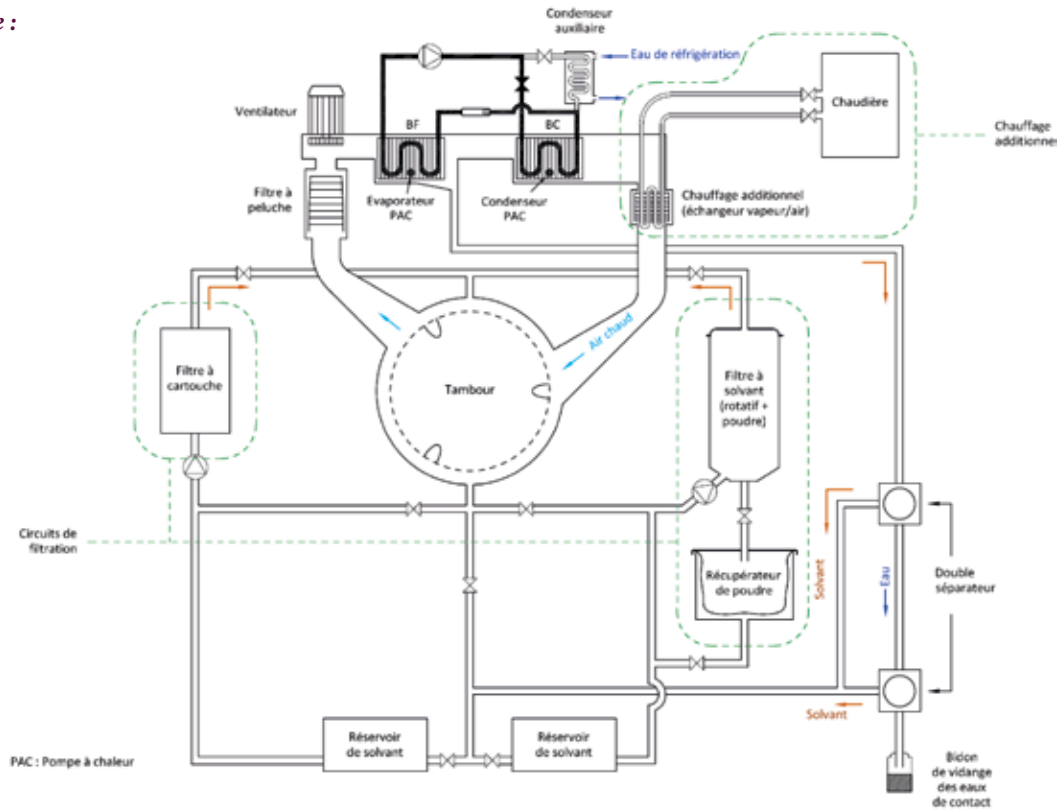
B. Machine sans distillateur

L'épuration du solvant est faite au moyen de filtres : filtre avec poudre spécifique et filtre à cartouche. Ces filtres sont utilisés respectivement pour les vêtements foncés et pour les vêtements clairs. Ces phases d'épuration n'offrent pas la même efficacité que la distillation. L'épuration n'est que partielle.

Absence de pompe à vide.

B.1. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à eau

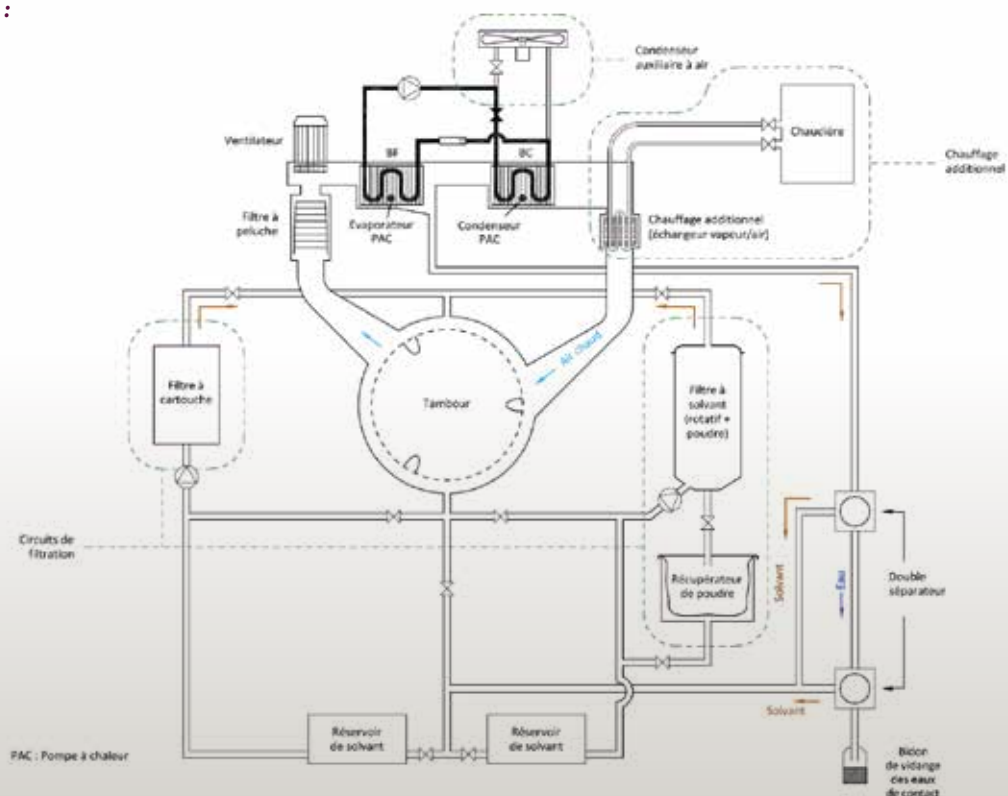
Schéma de principe :



B.2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

Le condenseur auxiliaire de la pompe à chaleur est refroidit à l'air, au moyen d'un échangeur «fluide frigorigène/air» à ventilation forcée : le condenseur à air.

Schéma de principe :



Valeur limite : le seuil maximum d'émission à l'atmosphère de 20g/kg (*Directrice COV et Arrêté Ministériel du 5/12/2012 - rubrique n°2345 des ICPE*) est facilement maîtrisable compte tenu de la faible volatilité du solvant.

Risque spécifique : le mélange air/vapeurs de solvant à l'intérieur de la machine en fonctionnement présente un risque potentiel d'inflammabilité lié à la concentration en vapeur de solvant si celle-ci était amenée à atteindre ou dépasser la LIE. Phases concernées : séchage des vêtements ; distillation du solvant usagé, pour la configuration concernée (*cf. cas A*).

Ce risque est totalement maîtrisé de par la conception des machines, la calibration et le réglage des paramètres qui définissent le procédé de nettoyage. Les machines sont sécurisées. Elles respectent les normes de construction en vigueur, lesquelles normes prennent en compte ce risque : NF EN ISO 8230 (*parties 1 et 3*). L'auto-certification CE du fabricant, basée sur l'application des normes en vigueur et sur une analyse de risque, ainsi que la marque NF 107 «machines de nettoyage à sec en circuit fermé» en attestent.

- lors du séchage : la concentration en vapeur de solvant à l'intérieur de la machine est limitée à une valeur inférieure à 70 % de la LIE par un dispositif de contrôle répondant aux normes précitées ;
- en phase de distillation : pour les machines dotées d'un distillateur (*cf. cas A*), la distillation a lieu sous vide partiel. La concentration en oxygène (comburant) est ainsi nettement insuffisante pour qu'une inflammation ou une explosion ait lieu. Le fonctionnement du distillateur est sécurisé selon les spécifications des normes précitées.

La machine doit être utilisée avec le solvant prévu par le fabricant, sans modification des paramètres de fonctionnement au-delà de ce qu'il autorise, entretenue régulièrement et faire l'objet d'une révision annuelle tel que demandé par l'Arrêté Ministériel du 5/12/2012. Le solvant doit être expressément prévu pour une utilisation en nettoyage à sec (*cf. Fiche de données de sécurité*).

Données économiques :

Montant de l'investissement (pour une capacité de chargement de 12 kg)

A. Machine équipée d'un distillateur

Machine : environ 42 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT
(hors changement éventuel d'abonnement fourniture électricité)

Prix moyens des consommables :

Solvant : 7,40 € HT par litre

Renforceur de nettoyage : 8,80 € HT par kg

B1. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à eau

Machine : environ 36 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT

Puissance installée :

A. Machine équipée d'un distillateur : 18 kW

B. Machine sans distillateur (B1 et B2) : 8 kW (avec chaudière additionnelle)

B2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

Machine : environ 38 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT

3. Performances du procédé : pour une machine de 12 kg de capacité de chargement

A. Machine équipée d'un distillateur

Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,95 € HT/kg**

Durée des cycles (2 bains, distillation continue) : 75 mn

Consommation d'énergie électrique : environ 1,3 kWh/kg

Consommation d'eau de réfrigération : environ 30 litres/kg (*condenseurs auxiliaire et de distillation*)

Consommation de solvant : jusqu'à 14 g/kg (*sur la durée de vie de la machine*)

Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 10 g/kg

Pertes de solvant via les résidus de distillation, les médias filtrants usagés et l'eau de contact : jusqu'à 4 g/kg

B1. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à eau

Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,85 € HT/kg**

Durée des cycles (2 bains) : 75-80 mn (*avec chaudière additionnelle*)

Consommation d'énergie électrique : environ 0,95 kWh/kg

Consommation d'eau de réfrigération : environ 14 litres/kg (*condenseurs auxiliaire seul*)

Consommation de solvant : jusqu'à 17 g/kg (*sur la durée de vie de la machine*)

Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 11 g/kg

Pertes de solvant via les résidus de poudre de filtration et autres médias filtrants usagés et l'eau de contact : jusqu'à 6 g/kg

B2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,85 € HT/kg**

Durée des cycles (2 bains) : 85 mn

Consommation d'énergie électrique : environ 1,0 kWh/kg

Consommation d'eau de réfrigération : nulle

Consommation de solvant : jusqu'à 18 g/kg (*sur la durée de vie de la machine*)

Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 12 g/kg

Pertes de solvant via les résidus de poudre de filtration et autres médias filtrants usagés et l'eau de contact : jusqu'à 6 g/kg

Nota : l'absence de consommation d'eau, bien qu'intéressante, ne génère qu'une économie très limitée.

* le coût de production au poste de nettoyage comprend l'amortissement de la machine et de son installation, la main d'œuvre, l'eau de refroidissement, l'énergie, le solvant, le renforceur de nettoyage, les frais d'entretien, le retraitement des déchets.
** kg : kilogramme de vêtements traités

Performances sur les vêtements :

• **Enlèvement de salissures** : le D5 offre des performances de nettoyage assez faibles par rapport au perchloréthylène. Comme compensation, il implique l'emploi systématique d'un renforçateur de nettoyage spécifique et une accentuation du pré brossage, voire du pré détachage.

Consommation de renforçateur : environ 4 à 5 g/kg de vêtements.

• **Préservation des vêtements** : le D5 et un solvant très peu agressif. Il assure généralement une très bonne préservation des articles, notamment de certains articles fragiles ou d'accessoires. Il reste à prendre garde à la température de séchage (75 à 80°C en entrée tambour), nettement plus élevée qu'en présence de perchloréthylène, ce qui peut causer aussi des dommages aux articles ou accessoires sensibles à la chaleur.

• **Finition des vêtements** : la finition reste équivalente voire plus aisée qu'après un cycle de nettoyage au perchloréthylène. Le D5 a pour effet, par nature, de «lubrifier» les fibres. Il a donc tendance à améliorer la glisse du fer à repasser. Bien que le maintien sur table à repasser de certains vêtements légers soit moins aisé pour cette raison, il ne ressort pas de temps de finition supplémentaire significatif ni de surcoût induit par la finition. Une table à repasser professionnelle suffit dans la plupart des cas.

• **Odeur résiduelle** : quasiment imperceptible.

Nota :

A. Machine équipée d'un distillateur

La distillation permet de conserver dans les réservoirs un solvant parfaitement épuré après contact avec les vêtements et de régler facilement les problèmes éventuels de décoloration.

B. Machine sans distillateur (B1 et B2)

L'absence de distillation ne permet pas d'épurer parfaitement le solvant après contact avec les vêtements, ni de régler facilement les problèmes éventuels de décoloration. Il convient de traiter des vêtements relativement peu souillés et peu fragiles quant aux coloris. Des difficultés peuvent aussi être rencontrées pour traiter d'éventuels phénomènes de développement bactérien (odeurs,...).

4. Déchets et rejets

- Résidus de distillation (*cf. cas A*) : 1 à 1,3 kg pour 10 cycles. Salissures en provenance des vêtements, résidus de renforçateur de nettoyage et environ 30 % de solvant en masse (*à confier impérativement à une filière de traitement agréée*).
- Eau de contact : 2 à 4 litres/jour, contenant environ 0,03 % de solvant en masse.
- Filtre à cartouche : autonomie de 300 cycles (*cf. cas B*).
- Poudre de filtration contenant du solvant (*cf. cas B*) : 1,5 à 2,5 kg à renouveler tous les 25 cycles. Teneur en solvant : 50 à 60%.
- Autres filtres éventuels.
- Eau de réfrigération (*non polluée ; cf. cas A et B1*).

5. Principaux impacts environnementaux

Le D5 est plus impactant que les autres solvants et ce, sur plusieurs critères (*cf. étude ACV CTTN/ADEME - 2013*). En revanche, son impact sur la couche d'ozone est négligeable. Les consommations d'eau et d'énergie sont relativement élevées (*machine avec distillateur*). Il est considéré comme étant très persistant et très bioaccumulable (*vPvB*) dans les milieux naturels (*avis ANSES, 12 oct. 2012*).

6. Dangers sanitaires

- Faible toxicité aigüe par voie orale ou cutanée ou par inhalation.
- Il n'est pas irritant pour la peau ou les yeux et non sensibilisant.
- Non classé CMR.
- Effets reprotoxiques non exclus à des doses systémiques élevées.
- Pas de classification harmonisée (Européenne) actuellement. Aucune proposition de classement à l'heure actuelle.
- VLEP 8h indicative (*exposition des salariés*) : 10 ppm ou inférieure (*cf. Fiche de Données de Sécurité*).

7. Réglementation applicable

 réglementation ICPE, rubrique n°2345, arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (*cf. Guide FFPB/CTTN - 2013*)

- La machine doit être équipée d'un contrôleur de séchage, et le cas échéant (*cf. cas A*) d'une vidange automatique des résidus de distillation, d'un système hermétique de raclage du distillateur.
- Le local qui accueille la machine doit être ventilé mécaniquement au moyen d'une ventilation adaptée (*cf. arrêté précité*).

8. Les bons gestes

- Prendre connaissance de la notice d'utilisation et d'entretien.
- Ne pas modifier la calibration ou le réglage des paramètres définissant un fonctionnement sécurisé.
- S'assurer régulièrement de l'étanchéité de la machine en fonctionnement.
- Faire vérifier l'état de la pompe à chaleur au moins une fois par an.
- Déverser les eaux de contact dans un bidon de décantation.
- Assurer un entretien régulier des séparateurs/décanteurs : nettoyage, fonctionnement.
- Comme c'est le cas pour tout solvant, ne pas utiliser de flamme à proximité de la machine et du stock de solvant.
- Proscrire tout appareil à présence de flamme telle qu'un chauffe-eau ou une chaudière à combustible.
- Limiter le stock de solvant à la quantité nécessaire à une mise à niveau des réservoirs de la machine.
- Prévoir un lieu de stockage spécifique pour le solvant, dans un endroit clos et aéré.
- Prévoir un suivi des consommations machine par compteur d'eau et compteur électrique.
- Se procurer la Fiche de Données de Sécurité (FDS) relative au solvant approvisionné.

Et pour :

A. Machine équipée d'un distillateur

- Nettoyer les filtres à air au moins 2 fois par jour.
- Faire traiter les résidus de distillation en faisant appel à une filière agréée. Avant collecte, conserver ces résidus en fût hermétiquement fermé. Faire de même pour tout déchet solvanté tel que les filtres usagés éventuels.

B. Machine sans distillateur (B1 et B2)

- Nettoyer les filtres à air tous les 2 à 3 cycles.
- Confier tout déchet solvanté (*ex : filtres, poudre filtrante usagée*) pour retraitement à une filière agréée. Avant collecte, conserver ces déchets dans des contenants adaptés hermétiquement fermés.
- Laisser égoutter environ 48 heures la poudre issue du filtre (*tombée de filtre*), dans le réceptacle prévu à cet effet afin de récupérer le maximum de solvant contenu dans celle-ci.

9. Points critiques

- La vitesse d'essorage est élevée : prendre garde à la propagation éventuelle de vibrations.
- Eau de contact : solvant plus léger que l'eau, miscibilité relativement importante. Manipuler le bidon de vidange (décantation) avec précaution lors de la réintroduction du solvant dans la machine et lors de l'élimination de l'eau.

A. Machine équipée d'un distillateur

- Présence d'une pompe à vide, essentielle à la distillation du solvant : à maintenir en parfait état de fonctionnement.

B. Machine sans distillateur (B1 et B2)

- Risque de redéposition de salissures, visible sur vêtements clairs.
- Nettoyage du 1^{er} séparateur 1 fois par mois ; nettoyage des réservoirs une fois par an.
- Ces machines comportent généralement une chaudière permettant d'alimenter en vapeur un réchauffeur additionnel (échangeur vapeur/air). La pompe à chaleur fonctionne bien avec un fluide frigorigène qui procure une température élevée à la batterie chaude (R134a). Cependant, une telle chaudière complémentaire (*cf. schéma*) est indispensable pour bénéficier d'un apport de calories (échangeur de chaleur vapeur/air) qui assure un séchage plus performant.

B2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

- Les machines à condenseur auxiliaire à air ne sont pas recommandées pour les ambiances de travail chaudes qui peuvent altérer l'efficacité de l'échange thermique et dégrader l'efficacité de la pompe à chaleur : séchage plus long, teneur résiduelle de solvant dans les vêtements accrue. Bien ventiler le local.

Commentaire général : le D5 possède un pouvoir dégraissant faible, ne génère pratiquement pas d'odeur résiduelle et sa volatilité est très faible. Son développement en nettoyage à sec dans le monde est toutefois assez ténu. Ses impacts considérés comme non négligeables sur l'environnement doivent aussi être pris en considération.

Les machines sans distillateur sont plus économiques à l'achat. Les machines sans distillateur à condenseur auxiliaire présentent l'intérêt d'une absence totale de consommation d'eau. Ces dernières sont plutôt destinées aux petites exploitations, où le nombre de cycles par jour est réduit (*5 à 6 cycles maximum*), les cycles ayant tendance à être plus longs. Ces machines ont aussi tendance à consommer légèrement plus de solvant (*efficacité condensation/ désodorisation moindre*).

A noter aussi que l'utilisation du D5 en nettoyage à sec est sous condition, en France, d'adhérer à une franchise spécifique (*Sequoia Pressing*).

Machine de nettoyage à sec au dibutoxyméthane (Solvon K4®)

1. Type de solvant et caractéristiques

Le dibutoxyméthane est un hydrocarbure oxygéné utilisé comme intermédiaire de synthèse dans certaines industries chimiques. La constitution de sa molécule peut s'exprimer ainsi : $C_9H_{20}O_2$.

Ce solvant correspond à la définition de solvant telle qu'elle est donnée dans l'arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (*réglementation ICPE, rubrique n°2345*). Pour son utilisation en nettoyage à sec, le dibutoxyméthane est proposé exclusivement par la société KREUSSLER sous le nom commercial de Solvon K4®. Ce solvant résulte d'un affinage spécifique du dibutoxyméthane assuré par son fabricant, pour présenter la pureté adéquate.

Solvant combustible, point d'éclair : 62°C ; Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) : 0,63%

Classement CMR : non classé

Densité : 0,84 (densité de l'eau : 1)

Pression de vapeur à 20°C (volatilité du solvant) : 79 Pascal

Composé Organique Volatil (COV) car P vapeur à 20°C > 10 Pa

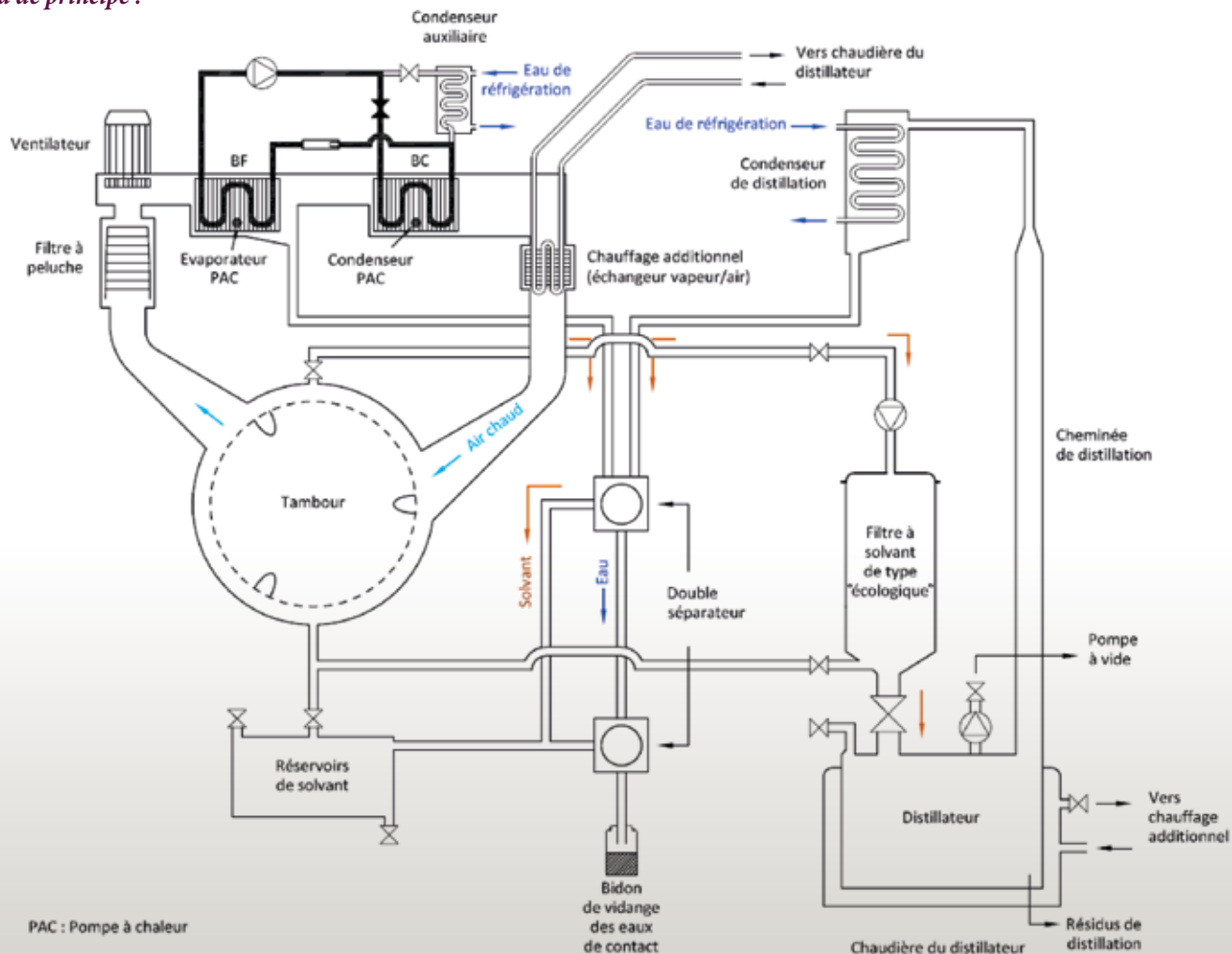
Indice KB (pouvoir dégraissant) : 75

2. Machines de nettoyage à sec au dibutoxyméthane

Machines de nettoyage à sec à circuit fermé équipées d'un distillateur. Le cycle de nettoyage se déroule de manière confinée depuis l'introduction des vêtements dans la machine jusqu'à la fin du cycle, après le séchage complet des vêtements et le refroidissement de l'enceinte de séchage.

Le distillateur permet d'épurer le solvant souillé au contact des vêtements, notamment par les salissures présentes, et de le recycler pour les cycles de nettoyage suivants.

Schéma de principe :



Valeur limite : le seuil maximum d'émission à l'atmosphère de 20 g/kg (*Directrice COV et Arrêté Ministériel du 5/12/2012 - rubrique n°2345 des ICPE*) est facilement maîtrisable compte tenu de la faible volatilité du solvant.

Risque spécifique : le mélange air/vapeurs de solvant à l'intérieur de la machine en fonctionnement présente un risque potentiel d'inflammabilité lié à la concentration en vapeur de solvant si celle-ci était amenée à atteindre ou dépasser la LIE. Phases concernées : séchage des vêtements ; distillation du solvant usagé.

Ce risque est totalement maîtrisé de par la conception des machines, la calibration et le réglage des paramètres qui définissent le procédé de nettoyage. Les machines sont sécurisées. Elles respectent les normes de construction en vigueur, lesquelles normes prennent en compte ce risque : NF EN ISO 8230 (*parties 1 et 3*). L'auto-certification CE du fabricant, basée sur l'application des normes en vigueur et sur une analyse de risque, ainsi que la marque NF 107 «machines de nettoyage à sec en circuit fermé» en attestent.

- lors du séchage : la concentration en vapeur de solvant à l'intérieur de la machine est limitée à une valeur inférieure à 70 % de la LIE par un dispositif de contrôle répondant aux normes précitées ;
- en phase de distillation : la distillation a lieu sous vide partiel. La concentration en oxygène (comburant) est ainsi nettement insuffisante pour qu'une inflammation ou une explosion ait lieu. Le fonctionnement du distillateur est sécurisé selon les spécifications des normes précitées.

La machine doit être utilisée avec le solvant prévu par le fabricant, sans modification des paramètres de fonctionnement au-delà de ce qu'il autorise, entretenue régulièrement et faire l'objet d'une révision annuelle tel que demandé par l'Arrêté Ministériel du 5/12/2012. Le solvant doit être expressément prévu pour une utilisation en nettoyage à sec (*cf. Fiche de données de sécurité*).

Données économiques :

Montant de l'investissement : (pour une capacité de chargement de 12 kg)

Machine : environ 44 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT (*hors changement éventuel d'abonnement fourniture électricité*)

Prix moyens des consommables : Solvant : 9,30 € HT /kg - Renforteur de nettoyage : 9,00 € HT/kg

Puissance installée : 25 kW

3. Performances du procédé : pour une machine de 12 kg de capacité de chargement

Coûts de production (poste de nettoyage)* : 0,9 € HT/kg**

Durée des cycles (2 bains, distillation continue) : 65-70 mn

Consommation d'énergie électrique : environ 1,0 kWh/kg

Consommation d'eau de réfrigération : environ 20 litres/kg (*condenseurs auxiliaire et de distillation*)

Consommation de solvant : jusqu'à 15 g/kg (*sur la durée de vie de la machine*)

Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 11 g/kg

Pertes de solvant via les résidus de distillation, les médias filtrants usagés et l'eau de contact : jusqu'à 4 g/kg

* le coût de production au poste de nettoyage comprend l'amortissement de la machine et de son installation, la main d'œuvre, l'eau de refroidissement, l'énergie, le solvant, le renforteur de nettoyage, les frais d'entretien, le retraitement des déchets.
** kg : kilogramme de vêtements traités

Performances sur les vêtements :

Enlèvement de salissures : le dibutoxyméthane offre d'assez bonnes performances de nettoyage par rapport au perchloréthylène, sachant cependant que son fabricant impose l'emploi systématique d'un renforteur de nettoyage spécifique. Le résultat est garanti par KREUSSLER sur la base de l'emploi du Système K4 qui comporte 4 produits (le solvant, le renforteur de nettoyage, l'agent de pré-brossage, l'imperméabilisant). Les prétraitements resteront limités par rapport aux autres solvants alternatifs comme les hydrocarbures et le D5.

Consommation de renforteur : environ 7 à 8 g/kg de vêtements.

- **Préservation des vêtements :** le dibutoxyméthane est un solvant dont l'agressivité est légèrement plus faible que celle du perchloréthylène. Il assure généralement une préservation des articles très satisfaisante. Il reste à prendre garde à la température de séchage (environ 75°C en entrée tambour), plus élevée qu'en présence de perchloréthylène, ce qui peut causer des dommages aux articles ou accessoires sensibles à la chaleur.
- **Finition des vêtements :** la finition apparaît légèrement plus aisée en général, par rapport au nettoyage au perchloréthylène. En général, une table à repasser professionnelle suffit.
- **Odeur résiduelle :** le Solvon K4® laisse une odeur caractéristique sur les vêtements, ce qui demande de parfaire le séchage, notamment dans le cas d'articles épais.

Nota : la distillation permet de conserver dans les réservoirs un solvant parfaitement épuré après contact avec les vêtements et de régler facilement les problèmes éventuels de décoloration.

4. Déchets et rejets

- Résidus de distillation : 1 à 1,5 kg pour 10 cycles. Salissures en provenance des vêtements, résidus de renforteur de nettoyage et environ 25 % de solvant en masse (*à confier impérativement à une filière de traitement agréée*).
- Eau de contact : 2 à 4 litres/jour, contenant environ 0,03% de solvant en masse.
- Média filtrant contenant du solvant.
- Eau de réfrigération (non polluée).

5. Principaux impacts environnementaux

Très peu d'informations sont disponibles au sujet du dibutoxyméthane dans ce domaine. L'avis rendu par l'ANSES du 12 octobre 2012 fait mention de la notion de biodégradabilité (non facilement biodégradable) et d'un faible potentiel de bioaccumulation dans les organismes aquatiques. Concernant la toxicité sur l'environnement ou l'écotoxicité, les informations disponibles ne sont pas suffisantes pour statuer. Aucune conclusion définitive ne peut être avancée à l'heure actuelle.

6. Dangers sanitaires

- Faible toxicité aiguë par voie orale et par inhalation.
- Il est irritant pour la peau mais non irritant pour les yeux.
- Non classé CMR. Aucune conclusion possible à l'heure actuelle.
- Pas de classification harmonisée (Européenne) actuellement. Proposition de classement : H 315 (provoque une irritation cutanée).
- VLEP 8h indicative (exposition des salariés) : pas de recommandation disponible.

7. Réglementation applicable réglementation ICPE, rubrique n°2345, arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (cf. Guide FFPB/CTTN - 2013)

- La machine doit être équipée d'un contrôleur de séchage, d'une vidange automatique des résidus de distillation, d'un système hermétique de raclage du distillateur.
- Le local qui accueille la machine doit être ventilé mécaniquement au moyen d'une ventilation adaptée (*cf. arrêté précité*).

8. Les bons gestes

- Prendre connaissance de la notice d'utilisation et d'entretien.
- Ne pas modifier la calibration ou le réglage des paramètres définissant un fonctionnement sécurisé.
- S'assurer régulièrement de l'étanchéité de la machine en fonctionnement.
- Nettoyer les filtres à air toutes les 3 cycles passes.
- Faire vérifier l'état de la pompe à chaleur au moins une fois par an.
- Déverser les eaux de contact dans un bidon de décantation.
- Assurer un entretien régulier des séparateurs/décanteurs : nettoyage tous les 3 mois, vérification de fonctionnement.
- Faire traiter les résidus de distillation en faisant appel à une filière agréée. Avant collecte, conserver ces résidus en fût hermétiquement fermé. Faire de même pour tout déchet solvanté tel que les filtres usagés.
- Comme c'est le cas pour tout solvant, ne pas utiliser de flamme à proximité de la machine et du stock de solvant.
- Proscrire tout appareil à présence de flamme telle qu'un chauffe-eau ou une chaudière à combustible.
- Limiter le stock de solvant à la quantité minimum nécessaire à une mise à niveau des réservoirs de la machine.
- Prévoir un lieu de stockage spécifique pour le solvant, dans un endroit clos et aéré ou ventilé.
- Prévoir un suivi des consommations machine par compteur d'eau et compteur électrique.
- Se procurer du dibutoxyméthane d'une pureté suffisante pour bénéficier impérativement d'un point d'éclair de 62°C (*seul le Solvon K4 présente la pureté adéquate à l'heure actuelle*).
- Se procurer la Fiche de Données de Sécurité (FDS) relative au solvant approvisionné.

9. Points critiques

- La vitesse d'essorage est élevée : prendre garde à la propagation éventuelle de vibrations.
- Présence d'une pompe à vide, essentielle à la distillation du solvant : à maintenir en parfait état de fonctionnement.
- Le fabricant recommande l'ajout régulier de Peramon (inhibiteur d'acides et stabilisant à adsorption d'odeur).
- Eau de contact : solvant plus léger que l'eau, et de densité assez voisine. Manipuler le bidon de vidange (décantation) avec précaution lors de la réintroduction du solvant dans la machine et lors de l'élimination de l'eau.
- Odeur perceptible à très basse concentration (< 2ppm) : assurer une bonne ventilation du local notamment en partie basse.

Commentaire général : offrant un pouvoir dégraissant assez proche de celui du perchloréthylène (ce qui impose le distillateur), le dibutoxyméthane offre des temps de cycles relativement réduits. Il présente toutefois l'inconvénient d'un risque d'odeur résiduelle caractéristique. En outre, il s'agit d'un solvant récemment apparu sur le marché, pour lequel le recul est faible notamment en ce qui concerne les dangers tels que ceux liés à l'environnement ou à la santé.

Machine de nettoyage à sec au DPGtBE (Rynex 3E®)

1. Type de solvant et caractéristiques

Le DPGtBE (nom commercial : Rynex 3E®) est un éther de glycol propylénique. Cette catégorie est à différencier des éthers de glycol éthylénique. La constitution de sa molécule peut s'exprimer ainsi : $C_{10}H_{22}O_3$.

Ce solvant correspond à la définition de solvant telle qu'elle est donnée dans l'arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (*réglementation ICPE, rubrique n°2345*).

Solvant combustible, point d'éclair : 93°C ; Limite Inférieure d'Explosivité (LIE) : 1,7%

Classement CMR : non classé

Densité : 0,91 (densité de l'eau : 1)

Pression de vapeur à 20°C (volatilité du solvant) : 40 Pascal (Pa)

Composé Organique Volatil (COV) car P vapeur à 20°C > 10 Pa

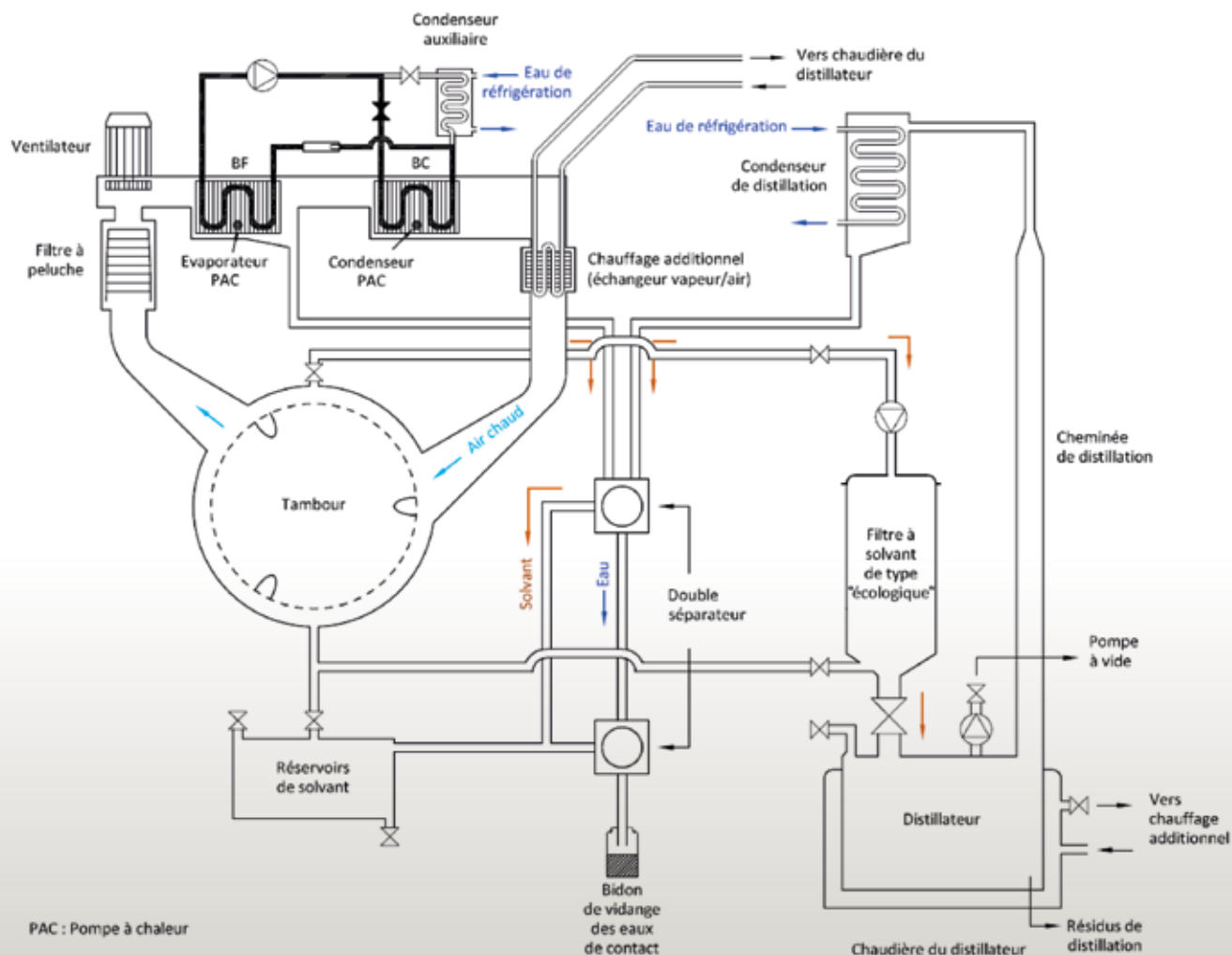
Indice KB (pouvoir dégraissant) : 74

2. Machines de nettoyage à sec au Rynex 3E®

Machines de nettoyage à sec à circuit fermé équipées d'un distillateur. Le cycle de nettoyage se déroule de manière confinée depuis l'introduction des vêtements dans la machine jusqu'à la fin du cycle, après le séchage complet des vêtements et le refroidissement de l'enceinte de séchage.

Le distillateur permet d'épurer le solvant souillé au contact des vêtements, notamment par les salissures présentes, et de le recycler pour les cycles de nettoyage suivants.

Schéma de principe :



Valeur limite : le seuil maximum d'émission à l'atmosphère de 20g/kg (*Directrice COV et Arrêté Ministériel du 5/12/2012 - rubrique n°2345 des ICPE*) est facilement maîtrisable compte tenu de la faible volatilité du solvant.

Risque spécifique : le mélange air/vapeurs de solvant à l'intérieur de la machine en fonctionnement présente un risque potentiel d'inflammabilité lié à la concentration en vapeur de solvant si celle-ci était amenée à atteindre ou dépasser la LIE. Phases concernées : séchage des vêtements ; distillation du solvant usagé.

Ce risque est totalement maîtrisé de par la conception des machines, la calibration et le réglage des paramètres qui définissent le procédé de nettoyage. Les machines sont sécurisées. Elles respectent les normes de construction en vigueur, lesquelles normes prennent en compte ce risque : NF EN ISO 8230 (*parties 1 et 3*). L'auto-certification CE du fabricant, basée sur l'application des normes en vigueur et sur une analyse de risque, ainsi que la marque NF 107 «machines de nettoyage à sec en circuit fermé» en attestent.

- lors du séchage : la concentration en vapeur de solvant à l'intérieur de la machine est limitée à une valeur inférieure à 70 % de la LIE par un dispositif de contrôle répondant aux normes précitées ;
- en phase de distillation : la distillation a lieu sous vide partiel. La concentration en oxygène (comburant) est ainsi nettement insuffisante pour qu'une inflammation ou une explosion ait lieu. Le fonctionnement du distillateur est sécurisé selon les spécifications des normes précitées.

La machine doit être utilisée avec le solvant prévu par le fabricant, sans modification des paramètres de fonctionnement au-delà de ce qu'il autorise, entretenue régulièrement et faire l'objet d'une révision annuelle tel que demandé par l'Arrêté Ministériel du 5/12/2012. Le solvant doit être expressément prévu pour une utilisation en nettoyage à sec (*cf. Fiche de données de sécurité*).

Données économiques :

Montant de l'investissement : (pour une capacité de chargement de 12 kg)

Machine : environ 45 000 € HT ; Installation : environ 2 000 € HT (*hors changement éventuel d'abonnement fourniture électricité*)

Prix moyens des consommables : Solvant : 8,20 € HT /litre - Puissance installée : 25 kW

3. Performances du procédé : pour une machine de 12 kg de capacité de chargement

Coûts de production (poste de nettoyage)* : 1,3 € HT/kg**

Durée des cycles (2 bains, distillation continue) : environ 75-80 mn

Consommation d'énergie électrique : environ 1,4 kWh/kg

Consommation d'eau de réfrigération : environ 32 litres/kg (*condenseurs auxiliaire et de distillation*)

Consommation de solvant : jusqu'à 14 g/kg

Facteur d'émission à l'atmosphère : jusqu'à 8 g/kg

Pertes de solvant via les résidus de distillation, les médias filtrants usagés et l'eau de contact : jusqu'à 6 g/kg

* le coût de production au poste de nettoyage comprend l'amortissement de la machine et de son installation, la main d'œuvre, l'eau de refroidissement, l'énergie, le solvant, le renforteur de nettoyage, les frais d'entretien, le retraitement des déchets.

** kg : kilogramme de vêtements traités

Performances sur les vêtements :

Enlèvement de salissures : le Rynex 3E® offre de très bonnes performances de nettoyage, sachant qu'il n'existe pas de renforteur de nettoyage pour ce solvant. Les prétraitements sont donc limités par rapport aux autres solvants alternatifs.

Consommation de renforteur : nulle.

• **Préservation des vêtements :** le Rynex 3E est un solvant dont l'agressivité est légèrement plus faible que celle du perchloréthylène. Il assure généralement une préservation des articles très satisfaisante. Il reste à prendre garde à la température de séchage (environ 85°C en entrée tambour), plus élevée qu'en présence de perchloréthylène et qui, combinée au temps de contact des vêtements avec le solvant, peut causer des dommages à certains articles, notamment les enductions, ou accessoires.

• **Finition des vêtements :** la finition reste aisée, de la même façon qu'avec le perchloréthylène. En général, une table à repasser professionnelle suffit.

• **Odeur résiduelle :** le Rynex 3E® laisse une odeur très légère sur les vêtements.

Nota : la distillation permet de conserver dans les réservoirs un solvant parfaitement épuré après contact avec les vêtements et de régler facilement les problèmes éventuels de décoloration. Dans le cas du Rynex 3E®, la distillation du solvant en continu contribue à la séparation eau/solvant. Ce mode de fonctionnement est quasiment impératif pour cette raison.

4. Déchets et rejets

- Résidus de distillation : 1 à 1,5 kg pour 10 cycles. Salissures en provenance des vêtements, résidus de renforteur de nettoyage et environ 20 % de solvant en masse (*à confier impérativement à une filière de traitement agréée*).
- Eau de contact : 2 à 4 litres/jour, contenant environ 10 % de solvant en masse.
- Média filtrant contenant du solvant.
- Eau de réfrigération (non polluée).

5. Principaux impacts environnementaux

L'avis rendu par l'ANSES du 12 octobre 2012 fait mention de la notion de biodégradabilité en indiquant que le DPGtBE n'est pas biodégradable facilement. Il n'est pas considéré comme bioaccumulable ou persistant dans l'environnement. Des tests de toxicité aiguë sur plusieurs organismes aquatiques n'ont pas montré d'effets adverses. Aucune classification harmonisée n'est proposée à l'heure actuelle.

6. Dangers sanitaires

- Faible toxicité aiguë par voie orale et cutanée.
- Il est peu irritant par voie cutanée.
- Non classé CMR. Aucune conclusion sur ces aspects à l'heure actuelle.
- Classement harmonisée pour le DPGtBE : H 319 (provoque une sévère irritation des yeux).
- VLEP 8h indicative (exposition des salariés) : pas de recommandation.

7. Réglementation applicable règlementation ICPE, rubrique n°2345, arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (cf. Guide FFPB/CTTN - 2013)

- La machine doit être équipée d'un contrôleur de séchage, d'une vidange automatique des résidus de distillation, d'un système hermétique de raclage du distillateur.
- Le local qui accueille la machine doit être ventilé mécaniquement au moyen d'une ventilation adaptée (cf. arrêté précité).

8. Les bons gestes

- Prendre connaissance de la notice d'utilisation et d'entretien.
- Ne pas modifier la calibration ou le réglage des paramètres définissant un fonctionnement sécurisé.
- S'assurer régulièrement de l'étanchéité de la machine en fonctionnement.
- Nettoyer les filtres à air une fois par jour.
- Faire vérifier l'état de la pompe à chaleur au moins une fois par an.
- Déverser les eaux de contact dans un bidon de décantation.
- Assurer un entretien régulier des séparateurs/décanteurs : nettoyage, fonctionnement.
- Faire traiter les résidus de distillation en faisant appel à une filière agréée. Avant collecte, conserver ces résidus en fût hermétiquement fermé. Faire de même pour tout déchet solvanté tel que les filtres usagés.
- Comme c'est le cas pour tout solvant, ne pas utiliser de flamme à proximité de la machine et du stock de solvant.
- Proscrire tout appareil à présence de flamme telle qu'un chauffe-eau ou une chaudière à combustible.
- Limiter le stock de solvant à la quantité minimum nécessaire à une mise à niveau des réservoirs de la machine.
- Prévoir un lieu de stockage spécifique pour le solvant, dans un endroit clos et aéré ou ventilé.
- Prévoir un suivi des consommations machine par compteur d'eau et compteur électrique.
- Se procurer la Fiche de Données de Sécurité (FDS) relative au solvant approvisionné.

9. Points critiques

- La vitesse d'essorage est élevée : prendre garde à la propagation éventuelle de vibrations.
- Présence d'une pompe à vide, essentielle à la distillation du solvant : à maintenir en parfait état de fonctionnement.
- Eau de contact : solvant plus léger que l'eau et de densité assez voisine, il est très miscible à l'eau. Manipuler le bidon de vidange (décantation) avec précaution lors de la réintroduction du solvant dans la machine et lors de l'élimination de l'eau.

Commentaire général : offrant globalement un bon pouvoir nettoyant (ce qui impose le distillateur), le Rynex 3E® implique toutefois des consommations d'énergie et d'eau élevées, avec des temps de cycles comparables aux durées correspondant aux hydrocarbures, quoiqu'ayant tendance à être légèrement plus longs. Bien que le règlement de certification NF 107 soit ouvert à la certification NF des machines qui mettent en œuvre le RYNEX 3E®, se pose actuellement le problème de la disponibilité commerciale de telles machines. Le solvant, pour sa part, provient uniquement des États Unis d'Amérique et est actuellement difficile à approvisionner.

Système de nettoyage à l'eau

1. Le procédé

Le nettoyage à l'eau, appelé aussi aqua-nettoyage, est un lavage spécifique, très doux, destiné à traiter des articles textiles et vêtements fragiles. Il ne s'agit donc plus de nettoyage à sec dont le but est, par définition, de nettoyer sans eau des articles délicats (constitués de fibres ou textures sensibles à l'eau, comme c'est le cas des fibres d'origine animale, ou de certaines fibres artificielles). Le nettoyage à l'eau ne peut s'envisager qu'en prenant en considération le séchage et surtout la finition des articles textiles et vêtements.

2. Le matériel

Le matériel consiste en une laveuse-essoreuse spécifique. Celle-ci est associée à un séchoir rotatif pour le séchage des articles propres, après essorage. Les articles ou vêtements essorés sont transférés manuellement de la laveuse-essoreuse au séchoir rotatif (à noter que ces mêmes matériels peuvent aussi être utilisés en mode blanchisserie).

La laveuse-essoreuse : elle est équipée d'un programmeur qui permet de concevoir les programmes de nettoyage voulus, adaptés à tous types de vêtements, dont les plus délicats. Le nombre de programmes différents à utiliser couramment est de 3 ou 4. En nettoyage à l'eau, l'action mécanique générée par la rotation du tambour est réduite.

Exemples : sur 20 secondes, le tambour ne tourne que 5 secondes ou bien, sur 1 minute, le tambour ne tourne que 3 secondes.

En nettoyage à l'eau, le rapport de charge est généralement de 20 à 25 litres de volume tambour par kg de charge textile, voire nettement plus élevé pour des textiles très délicats.

Exemples : 6 ou 8 kg de charge pour 160 litres de volume tambour ou seulement 1 ou 2 kg pour ce même volume pour des articles très délicats.

Le nettoyage comporte généralement 2 ou 3 bains successifs, la tendance étant à limiter leur nombre afin de limiter l'action mécanique.

Exemples : 2 bains dont une phase de lavage suivie d'un rinçage unique avec essorage intermédiaire de 1 minute, et un essorage final de 3 minutes ou alors 3 bains dont deux rinçages et un essorage final.

L'essorage a lieu à des vitesses de rotation très différentes selon la sensibilité des articles.

Exemples : 350 tr/mn pour les articles de soie ou de viscose ; 1000 tr/mn pour les articles de laine (vestes ou pantalons).

Les produits utilisés sont généralement de deux natures : un détergent au premier bain, à base de tensioactifs, à pH neutre (ni acide, ni alcalin), et un apprêt introduit au dernier bain : donner de la tenue à l'article et gagner la fibre lorsqu'il s'agit de laine (éviter le feutrage, ce phénomène entraînant un retrait avec le risque d'irréversibilité). Ces produits sont introduits dans la machine par des pompes doseuses pilotées par le programmeur. Les dosages sont donc facilement ajustables.

Exemples : 20 à 30 ml/kg de vêtement pour le détergent ; 20 à 30 ml/kg pour l'apprêt, ce dernier dosage pouvant passer à 40 ou 50 ml/kg pour des articles très délicats (certaines soieries par exemple).

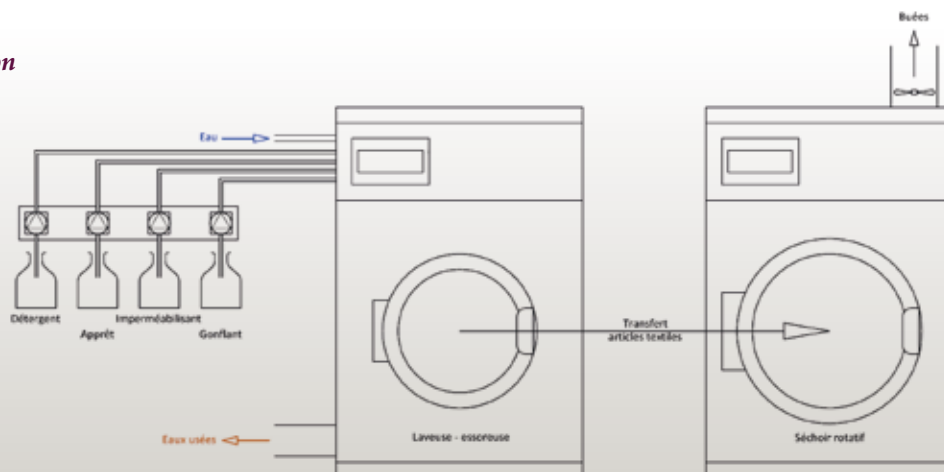
Les rapports de bain sont généralement de l'ordre de 5 à 6 litres par kg de vêtement, voire davantage pour certains articles fragiles.

Le séchoir rotatif : il est équipé d'un programmeur combiné à une détection d'humidité résiduelle finale, permettant de régler des temps de cycles très courts ou des taux d'humidité résiduelle finaux variables. De même pour les températures de séchage qui restent relativement basses : 40 à 70°C (sortie tambour).

Exemples de modes de séchage : 3 minutes pour articles fragiles (non séchés, défoulage) ;

10 % d'humidité résiduelle pour 4,5 kg ($t^{\circ}\text{C} = 70^{\circ}\text{C}$) : 8 min ; 15 % d'humidité résiduelle pour 4,5 kg ($t^{\circ}\text{C} = 50^{\circ}\text{C}$) : 16 min.

Schéma d'une configuration type d'aqua nettoyage :



Matériels complémentaires éventuels :

Très souvent, le séchoir rotatif ne permet pas d'effectuer un séchage complet des articles pour lesquels un nettoyage à sec ou un lavage à la main est recommandé (cf. *étiquetage d'entretien, étiquetage de composition*). Un séchage terminal à l'air libre, sur cintre ou à plat, est alors nécessaire, ce qui demande un certain délai.

Il est également possible de faire appel à des matériels complémentaires tels que la cabine de finition ou le mannequin (type «veste» et éventuellement type «pantalon»).

- La cabine de finition permet de défroisser les vêtements grâce à une vaporisation et de sécher complètement (ou en ayant une humidité résiduelle faible) et ce, sur cintres.
- Le mannequin permet de poursuivre le séchage, de défroisser le vêtement (vaporisation, soufflage d'air chaud au travers du textile), ou encore de l'étirer lors de ces opérations, afin de compenser un léger retrait constaté ou de corriger un grignage de coutures. Cet appareil peut être utilisé suite à un séchage en séchoir rotatif ou en cabine, ou après un séchage à l'air libre.

La finition des articles :

La table à repasser reste essentielle, soit comme procédé de finition unique, soit en l'utilisant suite à un passage des articles en cabine de finition ou suite à l'utilisation du mannequin. En effet, ces deux derniers matériels ont pour rôle principal de préparer la finition ; il est assez peu fréquent, par exemple, que seul le mannequin suffise, sachant que celui-ci présente notamment l'intérêt de rattraper certains défauts, de défroisser. Il facilite ainsi la finition. Cet appareil demande généralement un temps de 1 mn 30 s à 2 mn 30, manipulations comprises, selon la nature des articles.

Pour sa part, la cabine de finition offre un séchage complet (ou quasiment) sur cintre, avec une relative rapidité (*exemple : entre 7 et 15 minutes pour 8 à 10 pièces, selon les textures*).

Nota : pour alimenter en énergie (production d'air chaud) et en vapeur (phase de vaporisation) la cabine et les mannequins «vestes» et «pantalons», il faut par exemple une chaudière de l'ordre de 20 à 25 kW (pression de vapeur : environ 5 bars). L'emploi d'une simple table à repasser ne demande par un tel matériel puisque les tables sont généralement équipées d'une chaudière intégrée.

Données économiques :

Montants indicatifs des investissements (pour une capacité de chargement de 12 kg / vol. tambour 240 l) :

Laveuse-essoreuse : environ 14000 € HT
Pompes doseuses (série de 4 pompes) : environ 1800 € HT
Séchoir rotatif : environ 7000 € HT

Et éventuellement :

Cabine de finition : environ 10000 € HT
Mannequin type «veste» : environ 12000 € HT
Mannequin type «pantalon» : environ 8000 € HT
Chaudière vapeur 20-25 kW : environ 4000 € HT

Prix moyen des consommables :

Détergent : 150 € HT / 25 litres
Apprêt : 150 € HT / 25 litres

Installation : coût très variable, notamment en fonction des besoins en alimentations électriques.

Puissance installée : environ 30 kW pour laveuses-essoreuse et séchoir rotatif, environ 80 kW pour l'ensemble des matériels ci-dessus.

3. Performances du procédé (pour une capacité de traitement de 12 kg)

Pour laveuse-essoreuse et séchoir rotatif seuls :

- Coûts de production, selon les programmes de traitement* : 0,8 à 1,1 € HT/kg**
- Durée de traitement, selon les programmes : 35 à 50 mn
- Consommation d'énergie électrique, selon les programmes : environ 0,4 à 0,6 kWh/kg
- Consommation d'eau, selon les programmes : 9 à 15 litres/kg

Coûts de production, finition comprise, selon les matériels employés :

3,5 € HT/kg à 4,5 € HT/kg
(2,8 à 3,4 € HT/kg en nettoyage à sec, selon les solvants)

* le coût de production au poste de nettoyage comprend l'amortissement de la machine et de son installation, la main d'œuvre, l'eau de refroidissement, l'énergie, le solvant, le renforceur de nettoyage, les frais d'entretien, le retraitement des déchets.

** kg : kilogramme de vêtements traités

Performances sur les vêtements :

- **Enlèvement des salissures** : le nettoyage à l'eau offre de bonnes performances, généralement meilleures qu'en nettoyage à sec, surtout sur les salissures maigres. Le pré détachage reste cependant utile pour certaines taches très marquées comme des graisses, ou de type « polymère » : encre, colle,...

Consommation de détergent : 15 à 30 g/kg de vêtements selon les programmes.

- **Préservation des vêtements** : certains articles, dans le cas de fibres naturelles (*ex : laines, soie*) ou artificielles (*ex : viscose*) enregistrent des retraits, certains défauts d'aspect, des pertes de coloris ou de brillant, une perte de tenue qui s'accroît au fur et à mesure des traitements subis. On estime à environ 70% la capacité du nettoyage à l'eau à traiter des articles pour lesquels un nettoyage à sec ou un lavage à la main est recommandé (*cf. étiquetage d'entretien, étiquetage de composition*). **NB.** : l'emploi d'eau adoucie est recommandé.

Consommation d'apprêt : 15 à 30 g /kg de vêtements.

- **Finition des vêtements** : avant finition, les articles textiles ressortent généralement assez froissés, avec certains défauts tels que le retrait ou le grignage des coutures. La finition se montre donc généralement assez complexe et demande du temps (+40% en temps par nettoyage à sec, en moyenne). Le matériel de finition complémentaire peut faciliter les opérations de finition et améliorer les résultats finaux, mais ne réduit pas significativement pas le délai nécessaire à la finition.

- **Productivité** : 100 à 140 vêtements/jour, pour respectivement 1,4 à 2 «équivalent temps plein» selon niveau d'équipement et qualité visée. (*100 vêtements par jour pour 1,2 «équivalent temps plein» en nettoyage à sec, table à repasser seul*).

- **Absence d'odeur résiduelle.**

4. Déchets et rejets

Absence de déchets dangereux. Rejets d'eaux usées (salissures et résidus de produits lessiviels), à raison de 60 à 150 litres par cycle. Rejets de «buées» (air humide et chaud), chargées de particules textiles.

5. Principaux impacts environnementaux

Le nettoyage à l'eau (laveuse-essoreuse et séchoir rotatif) impact relativement peu l'environnement par rapport aux autres procédés de nettoyage à sec (*cf. Etude ACV CTTN/ADEME - 2013*). Les rejets aqueux, compte tenu des produits utilisés fortement concentrés en tensioactifs, présentent une certaine écotoxicité et influent sur le déficit en oxygène du milieu récepteur (DCO et DBO₅).

6. Dangers sanitaires

Risque, à prendre en compte, d'apparition de TMS (troubles musculo-squelettiques) qui peut être lié à la manutention plus fréquente de charges textiles, humides qui plus est, donc relativement lourdes, et à la finition plus difficile sur table ainsi qu'aux manipulations plus répétitives des vêtements.

7. Réglementation applicable

Réglementation ICPE rubrique 2340 : installation soumise à Déclaration si la production est supérieure ou égale à 500 kg/jour (rares cas en nettoyage l'eau) ainsi qu'à l'arrêté ministériel correspondant. Les installations équipées d'un système de nettoyage à l'eau comme procédé unique ne sont pas soumises à l'arrêté ministériel du 5 décembre 2012 (*rubrique n°2345 des ICPE*).

8. Les bons gestes

- Prendre connaissance de la notice d'utilisation et d'entretien.
- Nettoyer le filtre à air du séchoir rotatif au moins une fois par jour.
- Prévoir une extraction d'air efficace pour l'évacuation des calories, de l'air chaud et humide, et des particules textiles.
- Prévoir un bac de rétention pour le positionnement des bidons de produits de nettoyage à l'eau sous les pompes doseuses et pour leur stockage.
- Prévoir un suivi des consommations machines par compteur d'eau et compteurs électriques.
- Se procurer les Fiches de Données de Sécurité (FDS) relatives aux produits de nettoyage à l'eau approvisionnés.

9. Points critiques

- Prendre soin du positionnement de l'évacuation des buées (séchoir rotatif, cabine de finition) par rapport au voisinage.
- Le nettoyage à l'eau est un procédé délicat, complexe en termes de programmation, qui demande une grande expertise des textiles et des possibilités offertes par le procédé, pour lequel les produits spécifiques, les pompes doseuses et le dosage des produits (réglage et bon fonctionnement des pompes) sont essentiels.

Commentaire général : le nettoyage à l'eau est un procédé polyvalent (usage en mode blanchisserie possible, traitement d'articles volumineux, ...) aux performances démontrées, qui présente notamment l'intérêt de ne pas utiliser de solvant, et en conséquence, d'éviter les contraintes réglementaires applicables aux installations de nettoyage à sec. Cela étant, le nettoyage à l'eau comme procédé unique correspond à un choix délicat, compte tenu des coûts de production qu'il génère, de sa productivité limitée, des contraintes de manipulation qu'il engendre et de ses limites techniques vis à vis de certains articles et de certaines fibres. En tant que procédé unique, une possibilité de sous-traitance (traitement de certains articles) doit être préservée.