

Machine de nettoyage à sec au décaméthylcyclopentasiloxane (D5)

1. Type de solvant et caractéristiques

Le décaméthylcyclopentasiloxane (D5 ou Greenerth®) 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

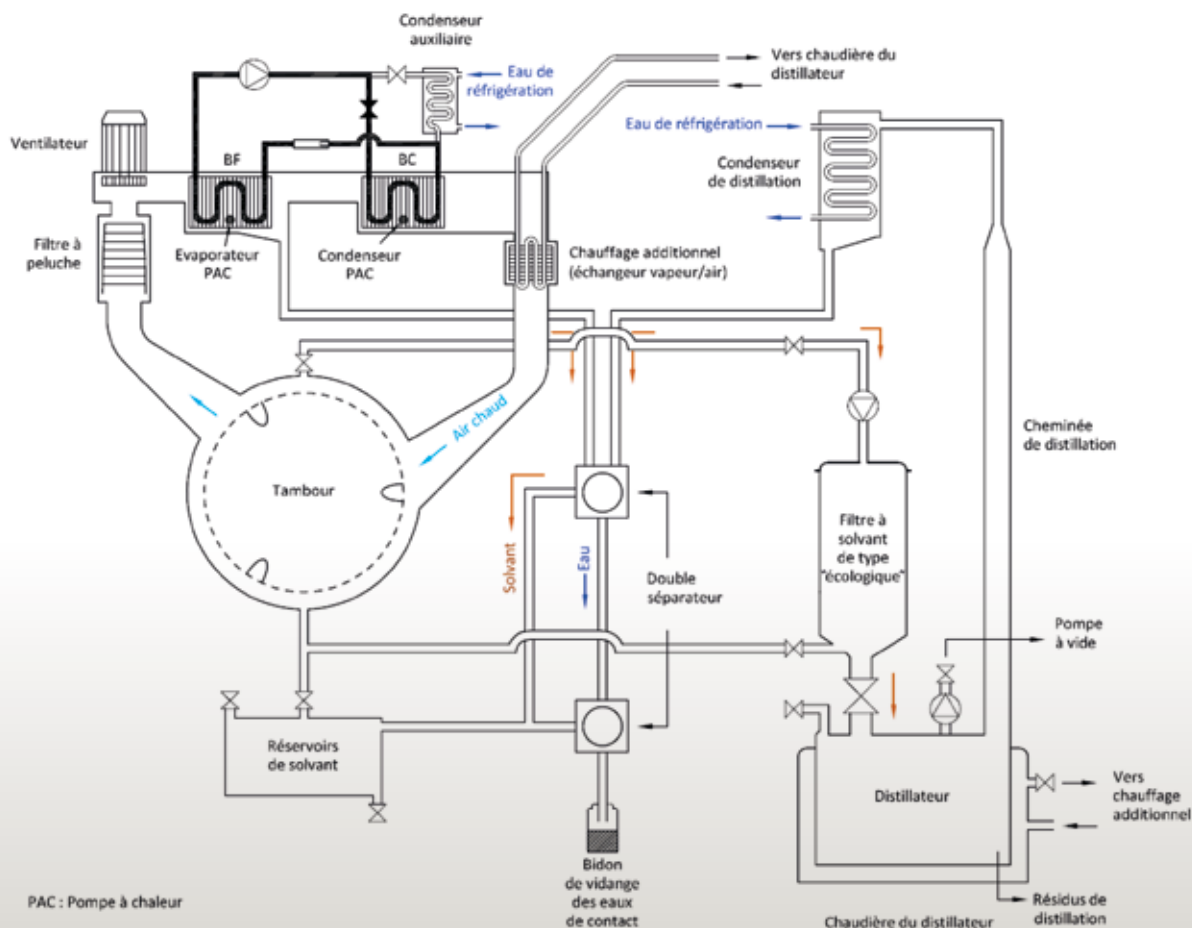
2. Machines de nettoyage à sec au D5

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 :



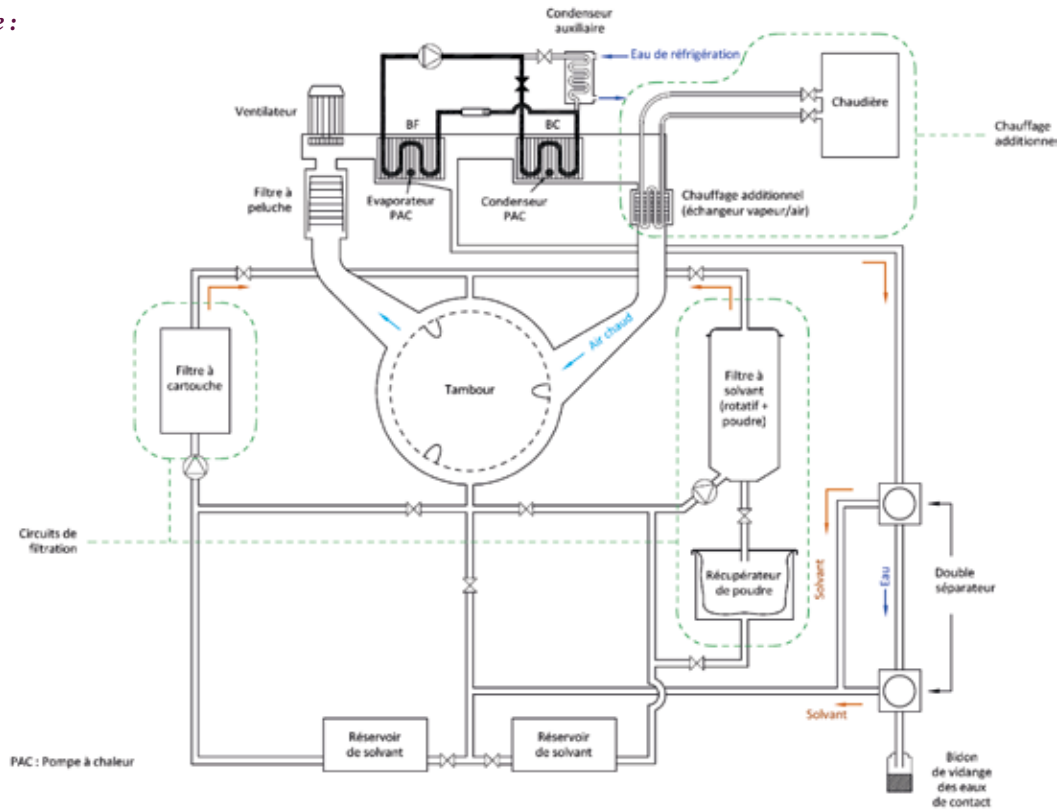
B. Machine sans distillateur

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

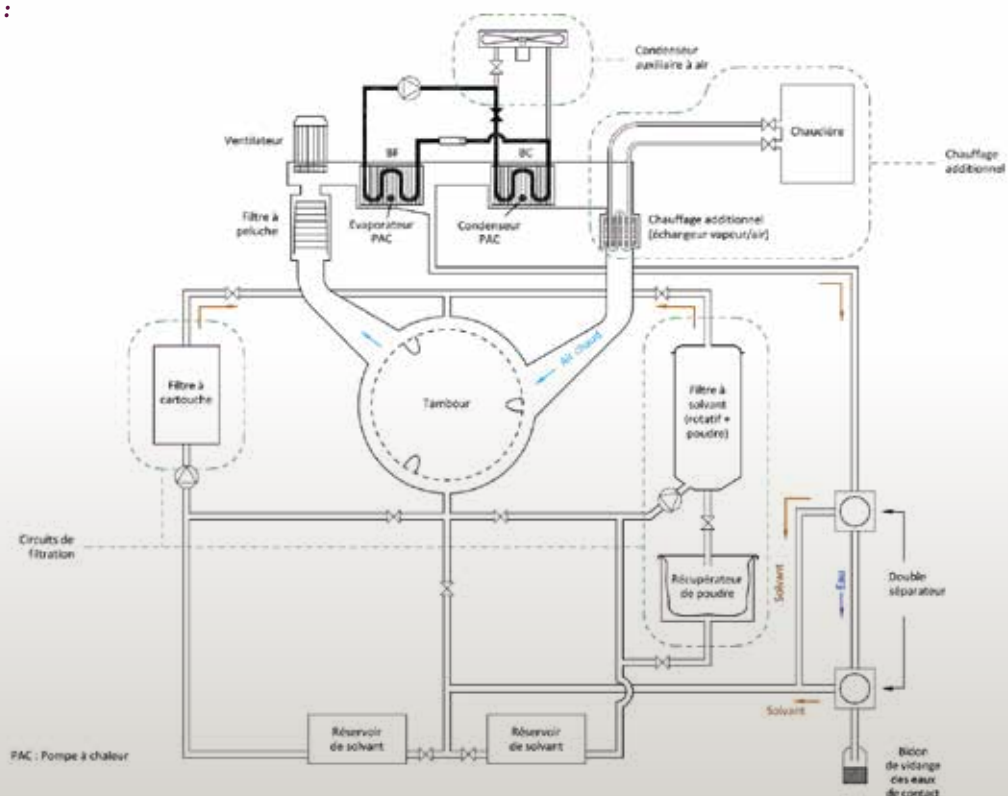
Schéma de principe :



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

Le condenseur auxiliaire de la pompe à chaleur est refroidi 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)

B1. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à eau

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

B2. Machine sans distillateur avec condenseur auxiliaire à air

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

Prix moyens des consommables :

Solvant : 7,40 € HT par litre

Renforceur de nettoyage : 8,80 € HT par kg

Puissance installée :

A. Machine équipée d'un distillateur : 18 kW

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

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 aiguë 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*).