

**Évaluation
de la résistance des gants
aux agresseurs chimiques
par mesures de perméabilité**



**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

**Jaime Lara
Brigitte Roberge
Alberto Velazquez
Hugues Nelisse**

Avril 1989

R-035

RAPPORT



IRSST
Institut de recherche
en santé et en sécurité
du travail du Québec

La recherche, pour mieux comprendre

L'Institut de recherche en santé et en sécurité du travail du Québec (IRSST) est un organisme de recherche scientifique voué à l'identification et à l'élimination à la source des dangers professionnels, et à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes. Financé par la CSST, l'Institut réalise et finance, par subvention ou contrats, des recherches qui visent à réduire les coûts humains et financiers occasionnés par les accidents de travail et les maladies professionnelles.

Pour tout connaître de l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine *Prévention au travail*, publié conjointement par la CSST et l'Institut.

Les résultats des travaux de l'Institut sont présentés dans une série de publications, disponibles sur demande à la Direction des communications.

Il est possible de se procurer le catalogue des publications de l'Institut et de s'abonner à *Prévention au travail* en écrivant à l'adresse au bas de cette page.

ATTENTION

Cette version numérique vous est offerte à titre d'information seulement. Bien que tout ait été mis en œuvre pour préserver la qualité des documents lors du transfert numérique, il se peut que certains caractères aient été omis, altérés ou effacés. Les données contenues dans les tableaux et graphiques doivent être vérifiées à l'aide de la version papier avant utilisation.

Dépôt légal
Bibliothèque nationale du Québec

IRSST - Direction des communications
505, boul. de Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : (514) 288-1 551
Télécopieur: (514) 288-7636
Site internet : www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche en santé
et en sécurité du travail du Québec,

**Évaluation
de la résistance des gants
aux agresseurs chimiques
par mesures de perméabilité**

**Jaime Lara, Brigitte Roberge
Alberto Velazquez et Hugues Melisse
Direction des laboratoires, IRSST**

**ÉTUDES ET
RECHERCHES**

RAPPORT

Évaluation de la résistance des gants aux agresseurs chimiques par mesures de perméabilité

TABLE DES MATIÈRES

1.-INTRODUCTION	2
2.-LE PHÉNOMÈNE DE LA PERMÉABILITÉ	2
a) Contact agresseur chimique membrane de protection	3
b) Diffusion du produit chimique dans la membrane	3
c) Évaporation	3
3.-DESCRIPTION DE LA MÉTHODE ASTM	3
4.-PROCÉDURE D'ESSAIS	4
4.1 Description du montage	4
4.2 Mode d'opération	4
4.3 Les gants évalués	4
4.4 Les solvants	4
5.-RÉSULTATS ET DISCUSSION	5
Les paramètres de solubilité	5
6.-CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	7
7.-RÉFÉRENCES	7
8.-LISTES DES TABLEAUX ET FIGURES	8

1.0 INTRODUCTION

Le contact direct de produits chimiques avec la peau peut provoquer des effets très variés dont les plus connus sont les suivants: brûlures, dermatoses, intoxication par pénétration dans l'organisme et sensibilisation. Seulement en ce qui concerne les dermatoses, les statistiques de la CSST les classent comme la deuxième maladie professionnelle en importance (20 %) au Québec¹.

À cause de la nature des travaux réalisés avec les produits chimiques, c'est souvent la main qui est la partie du corps la plus exposée. Le port des gants, fabriqués dans des matériaux résistants aux solvants, peut servir de barrière de protection et éviter le contact avec la peau. Les gants de protection contre les solvants sont généralement fabriqués en utilisant comme matériau de base, des polymères synthétiques ou naturels. Parmi les polymères les plus utilisés, on retrouve le nitrile, le néoprène, le polychlorure de vinyle, le polyalcool vinylique, le caoutchouc naturel et le butyle, comme matériaux purs ou combinés^{2,3}. De plus, des additifs, plastifiants, charges minérales, etc. font partie de la composition des matériaux utilisés dans la fabrication des gants.

La résistance des gants aux solvants varie beaucoup selon le type de matériau dont ils sont fabriqués et le type de solvant avec lequel ils sont en contact. Par exemple, un gant de nitrile ne résiste pas au trichloroéthylène, mais il est très résistant à l'hexane³. De plus, il existe une grande variété de formulations des matériaux plastiques utilisés par les compagnies dans la fabrication des gants. De ce fait, les gants ayant le même matériau de base (ex. nitrile), mais fabriqués par des compagnies différentes, n'ont pas la même résistance à un solvant. Ceci rendra difficile le choix judicieux du type de gants à porter selon le solvant ou les solvants auxquels on est exposé.

La méthode couramment utilisée pour évaluer la résistance d'un gant est de tremper le gant dans le solvant pendant un certain temps et d'observer ensuite la dégradation du matériau. Les tables issues de ces observations présentent la résistance du matériau au solvant comme étant excellente, acceptable ou non résistant⁴. Cette information est inadéquate car, dans beaucoup de cas, le solvant se diffuse au travers du matériau sans laisser de traces visibles. Lorsqu'il s'agit de solvants toxiques cette information peut conduire à des erreurs ayant de lourdes conséquences. Depuis quelques années, l'ASTM (American Society for

Testing of Materials) a formé le comité F-23, qui s'occupe du développement des tests pour évaluer la résistance des vêtements de protection aux agresseurs chimiques. C'est ainsi que récemment, une cellule pour évaluer la résistance des vêtements de protection par des mesures de perméabilité a été normalisée (F739-85)^{5,6}. Cependant, cette norme n'établit pas la méthode d'analyse à utiliser lors de ces évaluations.

Dans ce rapport, nous faisons état de l'étude réalisée pour développer un banc d'essais, pour évaluer, à l'aide de la cellule ASTM, la résistance aux solvants des matériaux utilisés dans la fabrication des gants. Les résultats des évaluations de perméabilité de neuf types de gants, avec 10 solvants organiques les plus couramment retrouvés dans les opérations industrielles seront présentés.

Étant donné la grande variété des solvants utilisés dans l'industrie ainsi que la diversité des matériaux utilisés dans la fabrication des gants, il est impossible d'évaluer tous les gants par rapport à tous les produits chimiques existants. Nous tentons donc de faire appel à la théorie pour simplifier le nombre de test à réaliser. En effet, il serait possible de prédire approximativement, à l'aide des paramètres de solubilité, si un matériau peut résister à un solvant ou mélange de solvants⁷. La validité des prédictions théoriques par comparaison aux résultats expérimentaux sera discutée.

Finalement, nous faisons des recommandations concernant la procédure à suivre pour les choix des gants de protection.

2.0 LE PHÉNOMÈNE DE LA PERMÉABILITÉ

Afin que le lecteur soit informé de la façon dont un matériau de protection se comporte lorsqu'il est exposé aux agresseurs chimiques, nous décrivons brièvement le phénomène de la perméabilité.

La perméabilité d'un solvant dans un matériau de protection peut être représentée comme étant un processus qui se fait en trois étapes: a) contact solvant/membrane de protection; b) diffusion du solvant à travers la membrane de protection et c) évaporation du solvant de l'autre côté de la membrane de protection (figure 1)⁸.

a) Contact agresseur chimique / membrane de protection

Lorsqu'un solvant entre en contact avec la membrane de protection (membrane polymérique):

- i) il peut: réagir avec la membrane polymérique et la dissoudre («*like dissolve like*»). Dans ce cas, la membrane de protection est complètement inefficace;
- ii) le solvant a une réaction limitée avec la membrane polymérique, peut gonfler et diffuser à travers le matériau. Dans ce cas, la membrane donne une protection limitée qui dépend du degré d'affinité entre le solvant et la membrane polymérique. Dans la plupart des cas, les propriétés du matériau sont diminuées (dégradation).
- iii) le solvant n'a aucune affinité avec la membrane polymérique. Dans ce cas, la membrane est imperméable au produit chimique et elle fournit le maximum de protection.

b) Diffusion du produit chimique dans la membrane

Si le solvant a une certaine affinité pour le polymère, il diffuse à travers la membrane. Cette diffusion se fait au niveau moléculaire. Le temps écoulé entre le contact initial du solvant avec la surface externe de la membrane de protection et la détection des premières traces de solvant à la surface interne de la membrane est appelée *temps de claquage*. Cette information représente le temps pendant lequel le matériau fournit une protection maximale lorsqu'il est en contact continu avec le solvant.

Le temps nécessaire pour traverser la membrane est fonction du type de solvant et de l'épaisseur et de la nature de la membrane.

Pour un type de polymère et pour un solvant donné, plus l'épaisseur de la membrane est grande, plus le temps de claquage est élevé.

La vitesse de diffusion (ou vitesse de perméabilité) d'un solvant dans une membrane est une des propriétés qui caractérisent un matériau de protection.

Pour un type de matériau et une épaisseur donnés, plus la vitesse de diffusion d'un solvant est lente, plus le temps de claquage sera élevé. Un matériau dont la vitesse de diffusion d'un solvant est élevée constitue une membrane de protection inadéquate.

c) Évaporation

Dès que les premières traces du solvant atteignent la paroi interne de la membrane de protection, il s'évapore et entre en contact avec la peau.

La plupart des matériaux utilisés actuellement dans la fabrication des gants de protection sont non résistants aux solvants, ou bien, les protègent pour une période de temps limitée.

3.0 DESCRIPTION DE LA MÉTHODE ASTM

La norme ASTM 739 a été conçue pour évaluer la perméabilité d'une surface plane d'un matériau à un solvant avec lequel il est en contact. Ce matériau peut être un morceau de la paume ou le dos d'un gant, ou bien tout autre matériau utilisé dans la fabrication des vêtements de protection (ex: des tabliers, des bottes, des couvre-tout, etc.). La méthode est applicable quelle que soit la partie du vêtement exposée au produit chimique et sert à quantifier la perméabilité du matériau de protection à l'agresseur chimique dans le cas d'une exposition continue. Pour ce faire, on se sert d'une cellule en verre, représentée à la figure 2.

La cellule de perméabilité est constituée de deux chambres, l'une pour le produit chimique et l'autre pour le milieu collecteur, séparées par l'échantillon sous analyse. Les accessoires qui servent à fixer les différentes parties de la cellule, ainsi que les dimensions, sont représentés en détail à la figure 2.

Les deux chambres de la cellule de perméabilité sont fabriquées à partir d'un tube en verre de diamètre interne de 51 mm. La largeur du compartiment du produit chimique est de 22 mm et celui du collecteur de 35 mm. L'échantillon est placé entre les deux chambres et l'étanchéité est assurée à l'aide de joints en Téflon semi-rigide, d'un diamètre de 51 mm.

Dans la chambre d'exposition, le solvant peut se trouver sous la forme de gaz ou de liquide. Dans le cas des liquides, la chambre d'exposition a une entrée munie d'un bouchon pour éviter l'évaporation (ce cas est représenté à la figure 2). Dans le cas des gaz, la chambre d'exposition a deux connections (une entrée et une sortie) pour permettre la circulation du gaz.

Dans la chambre de collection, il existe deux raccords (entrée et sortie) pour permettre la circulation du milieu collecteur (gaz ou liquide). Le système collecteur est relié au système d'analyse. Le milieu collecteur (air, eau, etc.) doit être inerte par rapport au matériau sous analyse.

Dans certains cas, l'eau saline (pour simuler la transpiration d'une personne qui porte un gant de protection) peut être utilisée comme milieu collecteur.

Lors de mesures des perméabilités, il est possible de déterminer le temps de claquage et la vitesse de perméabilité.

4.0 PROCÉDURES D'ESSAIS

4.1 Description du montage.

Pour évaluer la résistance des gants aux solvants, un montage pouvant accommoder jusqu'à quatre cellules de perméabilité pour des évaluations simultanées a été développé. La figure 3 présente un schéma de la version du montage qui a été utilisé lors de cette étude. Dans ce cas seulement deux cellules de perméabilité ont été utilisées.

Le montage est constitué des parties suivantes:

- a) les cellules de perméabilité ASTM 739-85,
 - b) le sélecteur de valves,
 - c) le milieu collecteur,
 - d) le système d'analyse.
- a) Les cellules de perméabilité: Quatre des cellules utilisées dans cette étude ont été fabriquées à l'atelier de soufflage de verre de l'Université McGill, suivant les plans publiés dans la norme ASTM 739-85 (figure 2). Une cellule fabriquée par la compagnie PescaLab¹ aux États-Unis a été utilisée comme référence.
 - b) Le sélecteur de valves: Le milieu collecteur utilisé dans nos expériences était de l'air sec purifié, le débit étant fixé à 100 mL/min et contrôlé à l'entrée de chacune des cellules à l'aide de débimètres à gaz.
 - d) Le système d'analyse: L'air provenant des cellules de perméabilité est conduit au détecteur via le sélecteur de valves. Pour cette étude, un détecteur à ionisation de flamme (FID) a été utilisé. Le volume d'air est injecté à l'aide d'une boucle de 0.40 mL. Le volume mort entre la boucle d'injection et le détecteur était de 1.50 mL. Le système d'analyse est complété par un intégrateur de signal HP3390-A. Cette information est transférée postérieurement dans un ordinateur IBM-PC pour le traitement des données.

4.2 Mode d'opération

4.2.1 Préparation et conditionnement des matériaux

Chaque matériau à l'essai doit être constitué soit d'une couche ou d'une multi-couche qui soit représentative d'un vêtement de protection donné. Dans chaque essai, la surface extérieure du matériau est mise en contact avec le produit chimique. La pièce d'échantillon doit être plane et doit posséder une section transversale minimale de 60 mm (un cercle de 75 mm de diamètre est une grandeur appropriée).

Avant de réaliser les expériences, les échantillons doivent être maintenus à une température de $21 \pm 3^\circ \text{C}$ et une humidité relative de 30 à 80 % pour une durée minimale de 24 heures.

4.2.2 Mesures de perméabilité

Lorsque l'échantillon est installé dans la cellule (figure 2), les systèmes collecteur et d'analyse sont mis en marche. L'air qui circule dans la chambre du collecteur est en contact avec la surface interne de l'échantillon. Lorsque le signal du détecteur s'est stabilisé, on remplit la chambre du produit chimique qui entre en contact avec la surface externe de l'échantillon. Le temps d'initiation de l'expérience (temps zéro) est considéré comme étant le moment où le remplissage de la cellule a débuté.

Pour chaque solvant, une courbe d'étalonnage a été établie. Pour ce faire, des échantillons d'air ayant des concentrations du produit chimique entre 0 et 1 000 ppm ont été préparés dans des sacs en tedlar ayant un volume de 10 L.

4.2.3 Résumé des conditions expérimentales

Débit d'air 10 mL/min
 Humidité relative 24-40 %
 Température $21 \pm 3^\circ \text{C}$
 Détecteur FID; température = 155°C

4.3 Les gants évalués

Pour cette étude, neuf modèles différents de gants qui ont été fournis par les fabricants Edmont et Best, ont été évalués. Les matériaux de base étaient le nitrile, le néoprène et le chlorure de polyvinyle (tableau 1).

4.4 Les solvants

Dix solvants provenant de la compagnie Baker, dont les qualités et les limites de détection sont indiquées dans le tableau 2, ont été utilisés pour évaluer les gants de protection.

5.0 RÉSULTATS ET DISCUSSION

La figure 4 montre un exemple typique de l'information obtenue lors de l'évaluation des perméabilités des gants de protection. Cette figure représente la concentration des vapeurs du solvant qui traversent la membrane de protection, en fonction du temps d'exposition au solvant. Le temps zéro représente le moment où le solvant est versé dans la chambre d'exposition. Le moment où on détecte les premières traces des vapeurs qui traversent la membrane, est le temps de claquage. Par la suite, la concentration des vapeurs dans la chambre du collecteur augmente rapidement jusqu'à atteindre un plateau, qui représente la vitesse de perméabilité dans un système à boucle ouverte. Dans la plupart des études ^{5, 9, 10, 11}, l'évaluation des perméabilités des gants se fait à un débit d'air de 500 mL/min. Dans cette étude, le débit a été fixé à 100 mL/min., afin d'augmenter la sensibilité de la méthode.

Cependant, ce faible débit fait que la saturation des vapeurs du produit chimique dans la chambre du collecteur est atteinte rapidement, ce qui a empêché, dans la plupart des cas, de déterminer la vitesse de perméabilité. Pour cette raison, dans ce travail, seules les valeurs du temps de claquage seront rapportées. On retrouve dans le tableau 3, un résumé des temps de claquage pour les gants de néoprène, dans le tableau 4 pour les gants de nitrile et dans le tableau 5 pour les gants de PVC. Dans les cas où les temps de claquage pour des modèles de gants équivalents fabriqués aux États-Unis sont disponibles dans la littérature, les valeurs ont été présentées entre parenthèses en guise de comparaison. On peut constater que dans la plupart des cas, les résultats sont comparables à ceux qu'on retrouve dans la littérature ^{10,11}.

Dans certains cas, il a été constaté qu'il existe une grande différence entre le temps de claquage rapporté dans la littérature et nos mesures pour le même modèle de gant. Nous citons comme exemple le gant de néoprène modèle 9-992 de la compagnie Edmont. D'après les informations retrouvées dans la littérature, ce gant résisterait 740 minutes, tandis que nos mesures indiquent qu'il ne résiste que 63 minutes. Probablement que des différences dans la composition du matériau, la méthode de fabrication, la méthode d'analyse utilisée lors de l'évaluation du gant, etc. peuvent expliquer cette différence.

La reproductibilité de notre méthode a été vérifiée en répétant quatre fois l'analyse pour chaque paire gant/solvant et il a été trouvé que les différences dans le temps de claquage étaient dans tous les cas inférieures à 2 %.

Ce type d'évaluation se fait présentement dans quelques laboratoires aux États-Unis et en Europe. À partir de ces informations, se sont développées deux banques de données qui sont disponibles commercialement ^{10,11}. Ces informations, quoique limitées, sont pour le moment, le meilleur outil pour orienter les utilisateurs dans le choix et la sélection des gants de protection. Cependant, la variété des matériaux utilisés dans la fabrication des gants de protection ainsi que des solvants est si grande, (on estime à plus de 30 000 le nombre de solvants purs ou de mélanges), que même avec la collaboration de tous les laboratoires qui réalisent des tests de perméabilité, il serait impossible d'évaluer chaque gant avec chaque solvant. Il est donc nécessaire d'envisager de nouvelles solutions.

5.1 Les paramètres de solubilité

Il a déjà été mentionné que dans le phénomène de perméabilité, l'étape la plus importante est celle que nous avons appelée de solubilité. Le solvant en contact avec la surface externe du matériau du gant doit réagir avec celui-ci avant de le traverser (diffusion).

Dans le cas des polymères purs, il est possible, à l'aide des paramètres de solubilité ^{7,12,13} de prédire le degré d'interaction entre un polymère et un solvant.

Le paramètre de solubilité est une propriété intrinsèque des molécules, qui peut être représentée par:

$$\delta = \left[\frac{\Delta E}{V} \right]^{1/2} \quad (1)$$

ΔE et V étant respectivement l'énergie de cohésion et le volume molaire des molécules.

Plus la valeur δ du polymère ressemble à celle du solvant, plus la solubilité est grande. En d'autres mots, en ce qui concerne les gants, plus le paramètre de solubilité du matériau de base ressemble à celui du solvant, moins résistant sera le gant au solvant.

Hansen ⁷ a développé une théorie qui considère que le paramètre de solubilité est le résultant de la contribution des forces de dispersion, polaire et lien hydrogène de chaque molécule. De cette façon le paramètre de solubilité pourrait être représenté de la façon suivante:

$$\delta_1 = (\delta_d^2 + \delta_p^2 + \delta_h^2)^{1/2} \quad (2)$$

δ_1 = paramètre total de solubilité

δ_d = paramètre de solubilité dû aux forces de dispersion

δ_p = paramètre de solubilité dû aux forces polaires

δ_h = paramètre de solubilité dû aux liens hydrogène

Le degré d'interaction entre le produit chimique et le matériau polymérique pourrait être évalué à l'aide de cette théorie en se servant de l'équation suivante 7:

$$A = \left[4 (\delta_p^* - \delta_s^*)^2 + (\delta_p^* - \delta_s^*)^2 + (\delta_s^* - \delta_p^*)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

Les indices p et s représentent respectivement le matériau polymérique et le solvant.

Les valeurs des paramètres de solubilité pour les solvants ¹⁴ et les matériaux polymériques ^{13,15} sont disponibles dans la littérature.

Cette approche pourrait être d'une grande utilité pour orienter la sélection des gants de protection vers les matériaux les plus résistants.

Pour évaluer l'applicabilité de la théorie de solubilité pour prédire la résistance des matériaux des gants de protection aux produits chimiques nous avons comparé les temps de claquage (T_{cl}) obtenus par des mesures de perméabilité avec les valeurs de A (équation 3) pour trois polymères et sept solvants.

Les polymères représentent chacun des matériaux évalués dans cette étude. Le néoprène étant un matériau fourni par la compagnie Dupont, d'une épaisseur de 0.41 mm, le nitrile le gant modèle 730 de Best et le PVC le gant Cannonball 810 de Best.

Les solvants ont été choisis de manière à couvrir un large domaine de paramètres de solubilité (tableau 6).

Dans le tableau 7, les valeurs de A et T_{cl} sont présentées. Dans les figures 5 à 7, on rapporte ces mêmes résultats sous la forme de graphique.

En général, on observe une bonne relation entre l'augmentation des valeurs de T_{cl} et de A .

Les trois matériaux présentent la résistance la plus élevée au méthanol et aucune résistance au dichlorométhane.

Néoprène: dans le cas du néoprène, pour toutes les paires solvant/polymère dont la valeur de $A < 5$, on observe une dégradation du matériau. Ainsi, le dichlorométhane, le toluène, l'acétate d'éthyle et l'acétone dégradent le néoprène. Par contre le n-hexane, l'acétonitrile et le méthanol n'ont aucun effet visible de dégradation du matériau.

Nitrile: dans le cas du nitrile (figure 5), pour toutes les paires solvant/polymère dont la valeur de $A < 5$, on observe différents niveaux de dégradation du matériau. Par exemple, avec le toluène et l'acétonitrile, la dégradation est faible mais avec l'acétate d'éthyle, l'acétone et le dichlorométhane elle est très importante.

Avec le n-hexane et le méthanol, aucune dégradation n'est observée.

Le n-hexane représente la seule exception des cas étudiés. La valeur de T_{cl} est beaucoup plus élevée (360 min.) que celle prédite par la théorie. Ceci pourrait être attribué au fait que la contribution du n-hexane aux δ_p et δ_n est nulle (équation 3).

PVC: finalement, dans le cas du PVC, la relation entre les valeurs de T_{cl} et A est très bonne. Cependant, du point de vue de la dégradation, il est difficile de tirer des conclusions générales. Par exemple, l'acétate d'éthyle, le toluène et le dichlorométhane dégradent le PVC. D'autre part, l'acétone, l'acétonitrile, le n-hexane et le méthanol ne dégradent pas le matériau. Il faut dire que dans le cas du PVC, de nombreux additifs (plastifiants, stabilisants, antioxydants, etc.) font partie de la composition du matériau.

Les résultats présentés démontrent que les paramètres de solubilité pour prédire la résistance aux produits chimiques pourraient être utilisés et d'autres études seront faites afin de prouver leur validité. De plus, on doit dire qu'une corrélation linéaire peut être obtenue lorsqu'on évalue un seul type de gant et qu'il n'est pas applicable pour d'autres types de gants fabriqués par d'autres compagnies malgré que le matériau de base utilisé soit le même.

Cette approche pourrait servir pour sélectionner les matériaux qui sont théoriquement résistants aux solvants. Il faudra toutefois confirmer cette résistance potentielle par des essais en laboratoire. Cette façon de procéder aurait l'avantage de limiter le nombre d'essais à effectuer. D'autre part, la théorie de solubilité peut être aussi utile dans la recherche et le développement des matériaux plus résistants aux solvants.

6.0 CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Les résultats de cette étude démontrent que le montage expérimental développé à l'IRSST, qui fait usage des cellules de perméabilité de la norme ASTM 739-85, permet de déterminer quantitativement la période de temps pendant laquelle un gant résiste à un solvant. De plus, les mesures de perméabilité aux solvants permettent d'orienter les utilisateurs dans le choix du meilleur gant à porter selon le type de solvant auquel il est exposé. Cependant, il n'est pas possible d'évaluer chaque gant de protection contre chaque solvant utilisé dans les industries. Dans ce cas, certains types de solutions pourraient être envisagés:

- a) Dans un premier temps, l'usage des paramètres de solubilité pour prédire la résistance d'un matériau plastique avec un solvant, serait utile pour orienter la sélection du type de gants à porter selon le solvant auquel on est exposé.
- b) L'utilisation des banques de données expérimentales sur la résistance des gants de protection aux solvants est un autre outil qui peut aider dans le choix des gants de protection mais son usage reste limité.
- c) L'évaluation des gants de protection par des mesures de perméabilité reste le seul outil qui permet de déterminer leur résistance aux solvants. Cependant, un effort pour simplifier le nombre d'essais à réaliser doit être accompli.
- d) Pour faire suite à cette recherche, nous proposons la sélection d'un nombre limité de solvants qui représentent les familles de solvants les plus utilisés dans les industries, pour évaluer tous les gants de protection. Cette méthode permettrait d'évaluer la résistance des gants par rapport à ces solvants et de classer les gants selon leur résistance aux familles de solvants. De plus, un système de classification des gants pourrait être développé et normalisé.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier les fabricants de gants, Best et Edmont, qui ont contribué dans l'étape de la mise au point de la méthode de perméabilité.

Références citées

1. CSST, fichier STAT-35, mise à jour décembre 1985.
2. BEST MANUFACTURING COMPANY, Catalogue 1986.
3. EDMONT, DIVISION OF BECTON, DICKINSON CO. Catalogue 1986.
4. J. CHERON. «Résistance des gants de protection aux solvants industriels» Travail et Sécurité, Edition INRS no 498, juin 1973, L'Eman-Paris.
5. N.W. HENRY ET C.N. SCHLATTER. «The Development of Standard Method for Evaluating Chemical Protective Clothing to a Permeation by liquids» Am. Ind. Hyg. Assoc. J., 42, p. 202, 1981.
6. NORME ASTM F-739. «Standard Test Method for Resistance of Protective Clothing Materials to Permeation by Liquids of Gases», 1985.
7. CHARLES M. HANSEN. «The Universality of the Solubility Parameter» Ind. Eng. Chem. Prod. Res.-Dev, 8, p. 2, 1969.
8. A.D. SCHWOPE, P.P. COSTAS, J.O. JACKSON, J.O. STULL ET D.J. WEITZMAN. «Guidelines for the Selection of Chemical Protective Clothing» Vol. 1 et 2, American Conference of Governmental Industrial Hygienists, Inc. Cincinnati, Ohio, prepared by Arthur D. Little, Inc. Cambridge, Ma 02140 - 3rd Edition, 1987.
9. S.P. BERARDINELLI, R.L. MICKELSEN ET M.M. RODER. «Chemical Protective Clothing: A Comparison of Chemical Permeation Test Cells and Direct-reading Instruments» Am. Chem. Hyg. Assoc. J., 44, 886, 1983.
10. K. FORSBERG. «Chemical Permeation and Degradation Database and Selection Guide for Resistant Protective Materials», The Royal Institute of Technology, 100, Stockholm, Sweden, 1986.
11. ARTHUR D. LITTLE. «The Chemical Protective Clothing Database System», Cambridge, MA., 1986.
12. J. HILDEBRAND. ET R. SCOTT. «The Solubility of Non-electrolytes», 3rd Edition, Reinhold, New York, 1949.
13. ALLAN F.M. BARTON. «Handbook of Solubility Parameters and other Cohesion Parameters», CRC Press, Florida, 1983.
14. CHARLES HANSEN ET B.H. ANDERSON. «The Affinities of Organic Solvents in Biological Systems», Rapport TI-85M + T Scandinavian Paint and Printing Ink Institute, Denmark, 1985.
15. JIMMY PERKINS ET ARTHUR D. TIPPIT. «Use of Three-Dimensional Solubility Parameter to Predict Glove Permeations», American Industrial Hygiene Association J., 46, 455, 1985.

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1	Les gants évalués	9
Tableau 2	Solvants utilisés dans l'évaluation des perméabilités des gants de protection	10
Tableau 3	Résistance des gants de néoprène aux solvants déterminée par mesures de perméabilité	11
Tableau 4	Résistance des gants de nitrile aux solvants déterminée par mesures de perméabilité	12
Tableau 5	Résistance des gants de PVC aux solvants déterminée par mesures de perméabilité	13
Tableau 6	Valeurs des paramètres de solubilité des solvants et des matériaux des gants	14
Tableau 7	Comparaison de la perméabilité des gants aux solvants et de la différence des paramètres de solubilité solvant/polymère (A)	15

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Représentation du phénomène de la perméabilité des solvants à travers un matériau de protection	16
Figure 2	Cellule de perméabilité selon la norme ASTM 739.....	17
Figure 3	Schéma du montage expérimental pour l'évaluation de la perméabilité des gants	18
Figure 4	Exemple des courbes obtenues lors de mesures de perméabilité	19
Figure 5	Différence de paramètres de solubilité solvant/nitrile versus temps de claquage	20
Figure 6	Différence de paramètres de solubilité solvant/néoprène versus temps de claquage	21
Figure 7	Différence de paramètres de solubilité solvant/ PVC versus temps de claquage	22

TABLEAU 1: LES GANTS ÉVALUÉS

MATÉRIAU	NOM COMMERCIAL	FOURNISSEUR
Néoprène	Ultra-flex 32	Best
	# 6780	Best
	Néox 9-992	Edmont
	Scorpio 8-352	Edmont
Nitrile	Ultra-flex 22	Best
	# 730	Best
	Solvex 37-165	Edmont
PVC	Cannonball 810	Best
	Snorkel 4-460	Edmont

**TABLEAU 2: SOLVANTS UTILISÉS DANS L'ÉVALUATION
DES PERMÉABILITÉS DES GANTS DE PROTECTION**

SOLVANT	QUALITÉ	LIMITE DE DÉTECTION mg/cm³
Toluène	Réactif	0.380
Hexane	Réactif	0.088
Trichloroéthane	Réactif	0.150
Heptane	Technique	0.070
Benzène	Réactif	0.040
Dichlorométhane	HPLC	0.060
Tétrachloroéthylène	Réactif	0.320
Acétate d'éthyle	HPLC	0.090
P-Xylène	Réactif	0.085
Trichloroéthylène	Réactif	0.150

**TABLEAU 3: RÉSISTANCE DES GANTS DE NÉOPRÈNE
AUX SOLVANTS, DÉTERMINÉE PAR MESURES
DE PERMÉABILITÉ**

TYPE DE GANTS	SOLVANT	TEMPS DE CLAQUAGE (min.)			VITESSE DE PERMÉABILITÉ (ug/min. cm ²) Lit.**
		Expér.	Lit.**	Lit.**	
Best 32	Toluène	8.0	± 0.5		
	Hexane	20.0	± 1.0		
	Trichloroéthane	12.0	± 0.5		
	Heptane	36.0	± 2.0		
	Benzène	3.0 *			
	Dichlorométhane	5.0 *			
	Tétrachloroéthylène	2.0 *			
	Acétate d'éthyle	4.0	± 0.0		
	p-Xylène	12.0	± 0.5		
	Trichloroéthylène	8.0	± 0.5		
Best 6780	Toluène	8.0	± 0.5		
	Hexane	24.0	± 1.0		120
	Trichloroéthane	16.0	± 0.3		
	Heptane	6 H			
	Benzène	13.0	± 0.5		
	Dichlorométhane	5.0 *			18 780
	Tétrachloroéthylène	Deg.*			
	Acétate d'éthyle	16.0	± 0.3		
	p-Xylène	24.0 *	± 1.0		
	Trichloroéthylène	2.0 *			
Edmont Neox 9-992	Toluène	19.0 *	± 1.0		
	Hexane	63.0	± 5.0	740	
	Trichloroéthane	52.0	± 2.0		
	Heptane	198.0	± 3.0		
	Benzène	11.0	± 0.3		
	Dichlorométhane	14.0 *	± 1.0		
	Tétrachloroéthylène	14.0 *	± 1.0	7	6 400
	Acétate d'éthyle	22.0	± 1.0	20	900
	p-Xylène	2.0 *			
	Trichloroéthylène	1.0 *			
Scorp. 8-352	Toluène	12.0 *	± 0.3		
	Hexane	18.0	± 0.5		
	Trichloroéthane	12.0	± 0.5		
	Heptane	58.0	± 1.5		
	Benzène	3.0 *		17.4	517.3
	Dichlorométhane	14.0 *	± 0.5		
	Tétrachloroéthylène	14.0 *	± 0.5	7	6 400
	Acétate d'éthyle	4.0			
	p-Xylène	53.0 *	± 1.5		
	Trichloroéthylène	1.0 *			

* Dégradation

** Références 10 et 11

TABEAU 4: RÉSISTANCE DES GANTS DE NITRILE AUX SOLVANTS, DÉTERMINÉE PAR MESURES DE PERMÉABILITÉ

TYPE DE GANTS	SOLVANT	TEMPS DE CLAQUAGE (min.)		VITESSE DE PERMÉABILITÉ (ug/min.cm ²)
		Expér.	Lit.**	Lit.**
Best 730 Épaisseur 0.05 cm	Toluène	11.0 ± 0.5	21.6	526.05
	Hexane	7 H	6 H	
	Trichloroéthane	24.0 ± 1.0		
	Heptane	6 H	1 H	
	Benzène	17.0 ± 0.7	19.2	851.7
	Dichlorométhane	2 *	*	
	Tétrachloroéthylène	120.0 * ± 6.0	76.8	33.07
	Acétate d'éthyle	10.0 * ± 0.3	7.8	871.7
	p-Xylène	27.0 * ± 0.5		
	Trichloroéthylène	*		
Best 22	Toluène	16.0 ± 1.0		
	Hexane	7 H	6.H	
	Trichloroéthane	24.0 ± 1.0		
	Heptane	6 H		
	Benzène	8.0 ± 0.3		
	Dichlorométhane	*		40 080.
	Tétrachloroéthylène	16.0 *		
	Acétate d'éthyle	10.0 *		
	p-Xylène	14.0 * ± 0.5		
	Trichloroéthylène	*		
Edmont Solvx 37-165 Épaisseur 0.07 cm	Toluène	26.0 ± 1.0	61.	4 000.
	Hexane	6 H	6 H	
	Trichloroéthane	197.0 ± 5.5	60	
	Heptane	7 H		
	Benzène	44.0 * ± 2.0	46	5 100.
	Dichlorométhane	2.0 *	*	
	Tétrachloroéthylène	64.0 *	5.H	0.60
	Acétate d'éthyle	40.0 * ± 2.0		
	p-Xylène	85.0 ± 1.0		
	Trichloroéthylène	27.0 *	26	9 000.0

* Dégradation

** Références 10 et 11

TABLEAU 5: RÉSISTANCE DES GANTS DE PVC AUX SOLVANTS, DÉTERMINÉE PAR MESURES DE PERMÉABILITÉ

TYPE DE GANTS	SOLVANT	TEMPS DE CLAQUAGE (min.)		VITESSE DE PERMÉABILITÉ (ug/min. cm ²)
		Expér.	Lit.**	Lit.**
Best CANNON 810	Toluène	8.0 *± 0.0	13.8	536.0
	Hexane	13.0 ± 0.5		
	Trichloroéthane	14.0 *± 0.5		
	Heptane	26.0 ± 1.0	15.0	450.9
	Benzène	1.0 *		
	Dichlorométhane	1.0 *		
	Tétrachloroéthylène	1.0 *		
	Acétate d'éthyle	10.0 *± 0.5		
	p-Xylène	*		
	Trichloroéthylène	*		
Edmont Snork. 4.460	Toluène	21.0 *± 1.5	13.8	
	Hexane	22.0 ± 1.0		
	Trichloroéthane	23.0 *± 1.0		
	Heptane	32.0 ± 1.0		
	Benzène	1.0 *		
	Dichlorométhane	*		
	Tétrachloroéthylène	*	*	
	Acétate d'éthyle	6.0 *± 0.0		
	p-Xylène	*		
	Trichloroéthylène	*	*	

* Dégradation

** Références 10 et 11

TABLEAU 6: VALEURS DES PARAMÈTRES DE SOLUBILITÉ DES SOLVANTS ET DES MATÉRIAUX DES GANTS ($\text{cal}^{1/2} \text{cm}^{3/2}$)

SOLVANT	δ_d	δ_p	δ_h
Acétate d'éthyle	7.7	2.6	3.5
Acétone	7.6	5.1	3.4
Acétonitrile	7.5	8.8	3.0
Dichlorométhane	9.0	3.1	2.7
Benzène	9.0	0.5	1.0
n-Hexane	7.3	0.0	0.0
Méthanol	7.4	6.0	10.9
Toluène	8.8	0.7	1.0
MATÉRIAU			
Néoprène*	9.4	2.6	2.2
Nitrile**	9.4	5.2	3.1
PVC***	9.3	4.0	2.0

* Matériel de référence de Dupont, épaisseur 0.41 mm

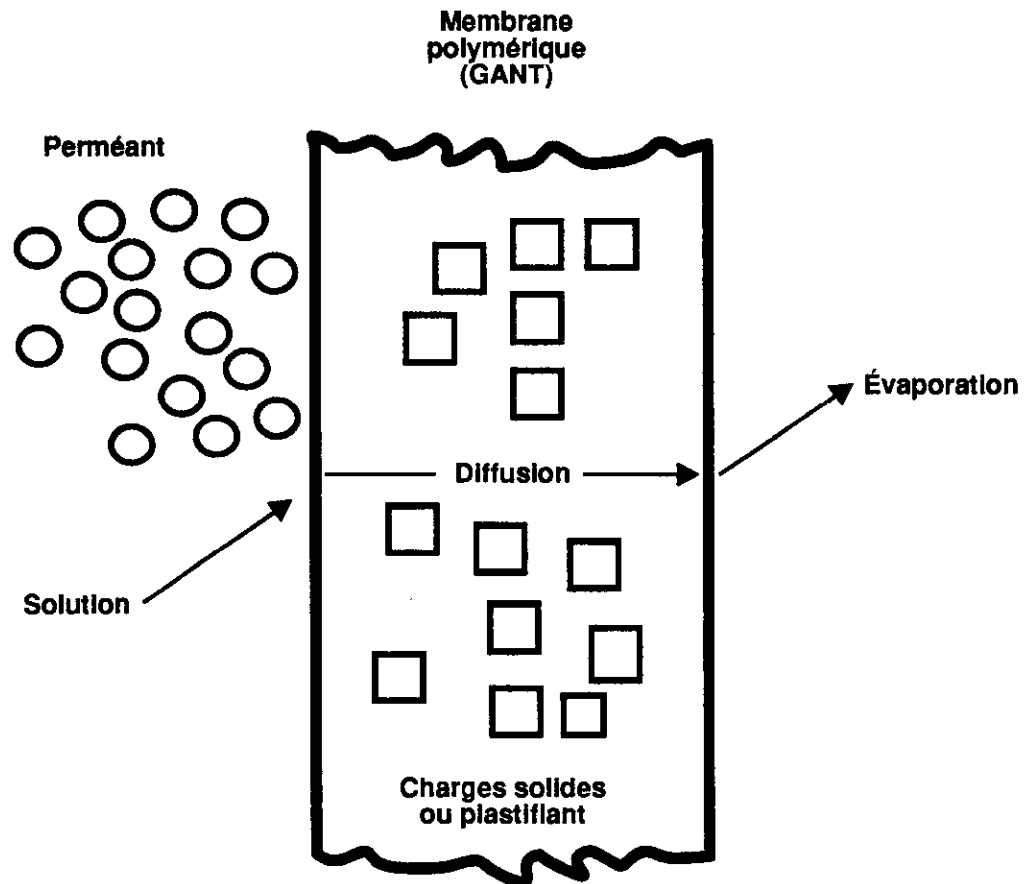
** Gant de protection, de Best, modèle 730, épaisseur 0.50 mm

*** Gant de protection, de Best, modèle Cannonball 810

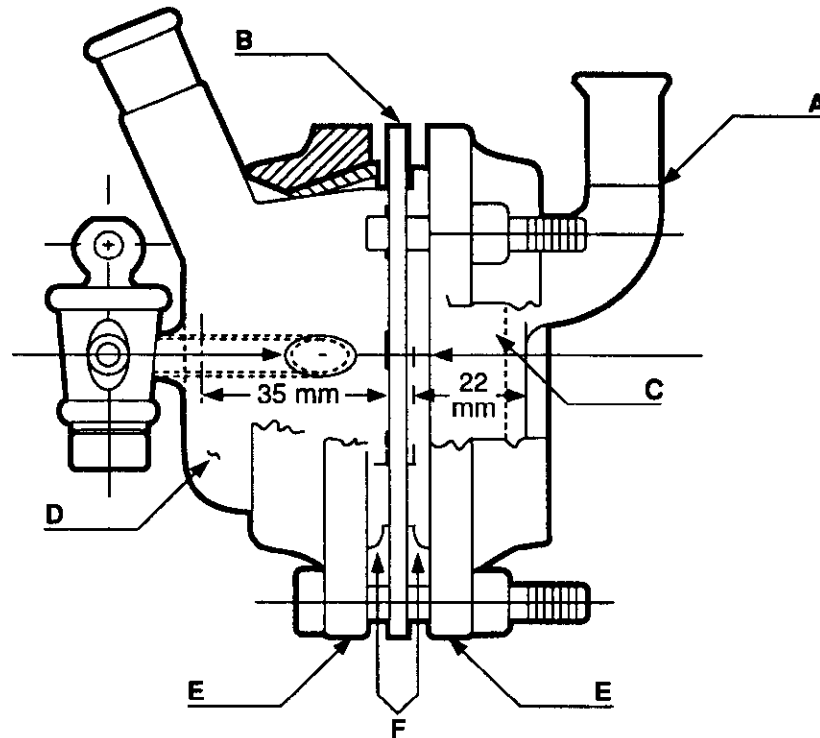
TABLEAU 7: COMPARAISON DU TEMPS DE CLAQUAGE (T_{cl}) DES MATÉRIAUX ET DE LA DIFFÉRENCE DES PARAMÈTRES DE SOLUBILITÉ SOLVANT / POLYMÈRE (A)

SOLVANT	NÉOPRENE		NITRILE		PVC	
	A	T_{cl} (min.)	A	T_{cl} (min.)	A	T_{cl} (min.)
Acétate d'éthyle	3.6	7	4.3	10	3.8	10
Acétone	4.5	14	3.6	9	3.8	6
Acétonitrile	7.3	21	5.2	10	6.1	10
Dichlorométhane	1.4	3	2.3	2	1.6	1
n-Hexane	5.4	14	7.4	>360	6.0	13
Méthanol	10.2	36	8.8	25	9.9	26
Toluène	2.5	5	5.1	11	3.6	8

FIGURE 1: REPRÉSENTATION DU PHÉNOMÈNE DE LA PERMÉABILITÉ DES SOLVANTS À TRAVERS UN MATÉRIAU DE PROTECTION

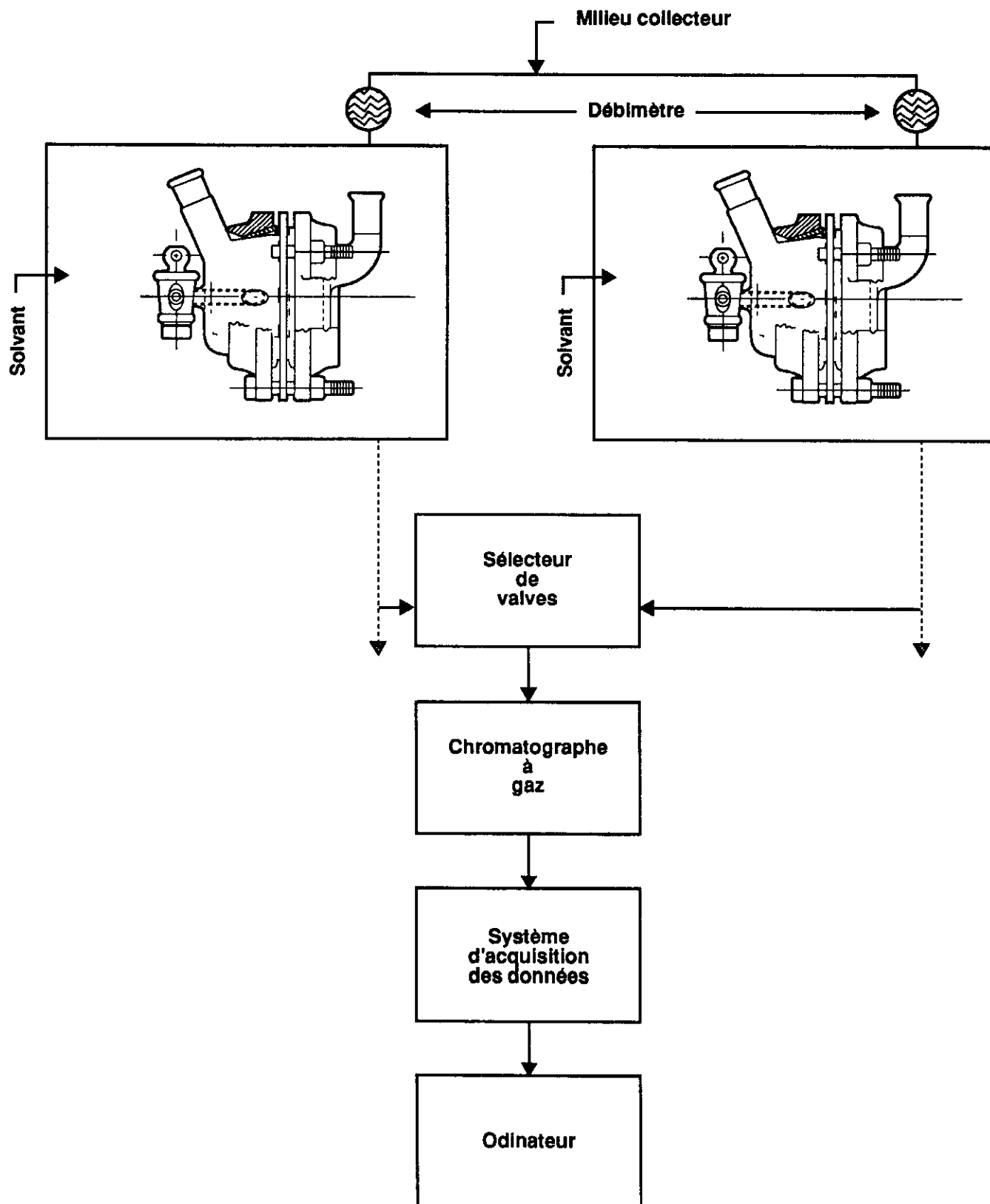


**FIGURE 2: CELLULE DE PERMÉABILITÉ
SELON LA NORME ASTM 739**



- A = Niveau du perméant**
- B = Échantillon (gant)**
- C = Perméant**
- D = Milieu collecteur (Volume total~100ml)**
- E = Support des cellules**
- F = Joints d'étanchéité**

FIGURE 3: SCHEMA DU MONTAGE EXPERIMENTAL POUR L'EVALUATION DE LA PERMEABILITE DES GANTS



**FIGURE 4: EXEMPLE DES COURBES OBTENUES
LORS DE MESURES DE PERMÉABILITÉ**

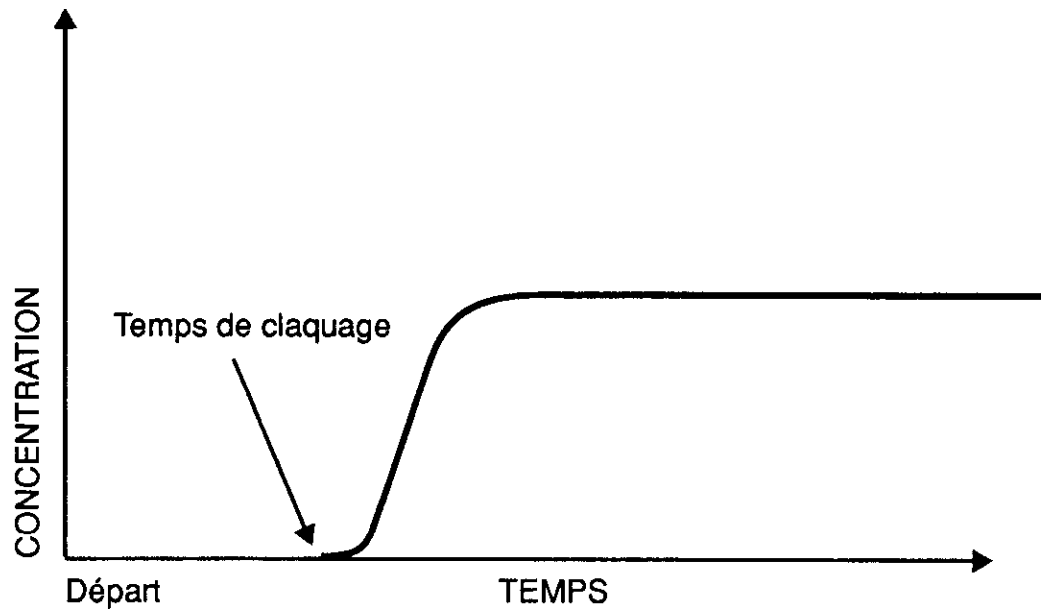


FIGURE 5: DIFFÉRENCE DE PARAMÈTRES DE SOLUBILITÉ (A) SOLVANT/NITRILE VERSUS TEMPS DE CLAQUAGE

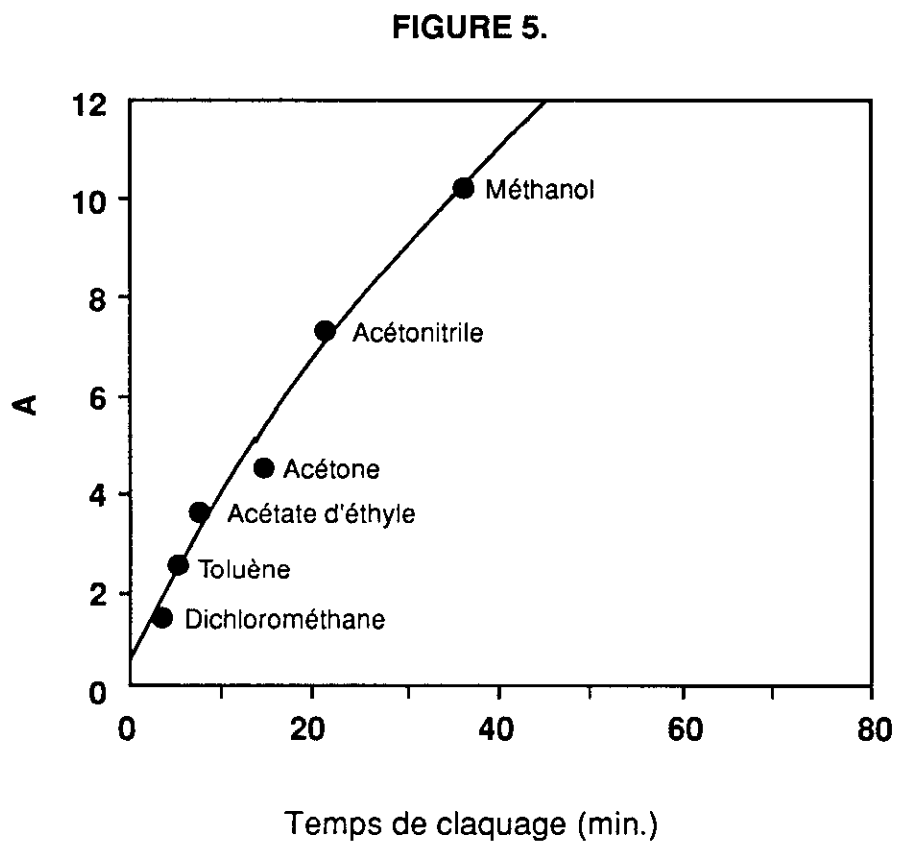


FIGURE 6: DIFFÉRENCE DE PARAMÈTRES DE SOLUBILITÉ SOLVANT/NÉOPRÈNE
VERSUS TEMPS DE CLAQUAGE

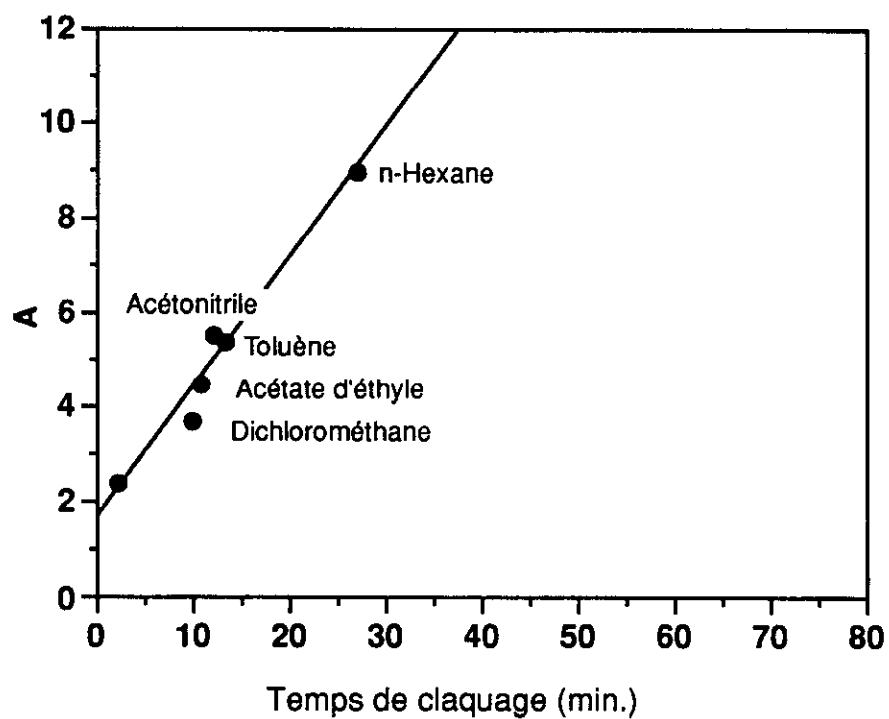


FIGURE 7: DIFFÉRENCE DE PARAMÈTRES DE SOLUBILITÉ SOLVANT/ PVC VERSUS TEMPS DE CLAQUAGE

