

Diminution du taux légal d'alcoolémie : quelles incidences pour les salariés professionnellement exposés aux produits chimiques ?

F. PILLIERE, M. FALCY (*)

Le décret n° 95-962 du 29 août 1995 (J.O. du 30 août 1995) fixe à 0,5 g/l le seuil d'alcoolémie répréhensible. Il modifie l'article R. 233-5 du code de la route, qui prévoit que « la conduite de tout véhicule, même en l'absence de tout signe d'ivresse manifeste, sous l'empire d'un état alcoolique caractérisé par la présence dans le sang d'une concentration d'alcool pur égale à 0,5 g p. 1 000 sans atteindre le seuil de 0,8 g ou par la présence dans l'air expiré d'une concentration d'alcool pur égale ou supérieure à 0,25 mg/l sans atteindre le seuil de 0,4 mg/l est punie des peines prévues pour les contraventions de la 4^e classe » [1]. Cette nouvelle règle est entrée en vigueur le 15 septembre 1995.

Suite à l'abaissement vers un seuil relativement bas du taux répréhensible d'alcoolémie, plusieurs questions émanant de médecins du travail nous ont été transmises. Ces médecins se font l'écho de l'inquiétude de salariés sur une éventuelle positivité de l'alcootest du fait de leur exposition professionnelle. Aussi, il nous a semblé intéressant d'évaluer les conséquences possibles des expositions à certains produits chimiques (soit contenant une fonction alcool, soit métabolisés en alcool) sur les résultats des dosages de l'alcool dans l'air expiré et/ou dans le sang.

Après un rappel de la législation en vigueur, sont présentés les différents appareils et techniques de dosage et les produits chimiques pouvant interférer, avant d'aborder les expositions professionnelles susceptibles de modifier les résultats des dosages d'alcool.

1. LEGISLATION SUR L'ALCOOL ET LA CONDUITE AUTOMOBILE [2]

La législation sur « l'alcool et la route » n'a cessé d'évoluer vers une plus grande répression de la conduite sous l'influence de l'alcool.

La loi du 18 mai 1965 a établi la mise en place du dépistage de l'imprégnation alcoolique par l'alcootest dans certaines circonstances. La loi du 9 juillet 1970 a introduit la notion de taux légal d'alcoolémie, en fixant à 0,80 g/l le taux au-delà duquel la conduite constituait une contravention : cette étape supprime le recours systématique à l'interprétation médicale, le procureur de la République appréciant l'état d'alcoolisation sur le seul résultat de l'alcoolémie.

C'est en fait la loi n° 83-1045 du 8 décembre 1983 qui institue, parallèlement au dosage de l'alcoolémie, le dosage de l'alcool dans l'air expiré et fixe, comme taux délictuel, le taux de 0,80 g/l d'alcoolémie [2, 3].

(*) Service Etudes et assistance médicales, INRS, Paris.

Enfin, le seuil maximal d'alcoolémie compatible avec la conduite automobile a été fixé à 0,70 g/l en 1994 avant de passer à 0,50 g/l en 1995. Cette décision d'abaissement du taux d'alcoolémie répréhensible est fondée sur la notion du doublement du risque d'accident à partir de 0,50 g/l (d'une multiplication par 10 au-delà de 0,80 g/l) : ceci en raison du rétrécissement du champ visuel, de l'altération de l'appréciation des distances, de la diminution des réflexes, mais aussi de troubles comportementaux provoqués par l'alcool.

1.1. Contrôles et sanctions [1, 3]

Le dépistage de l'alcool dans l'air expiré est pratiqué dans différentes situations :

– contrôles obligatoires sur la voie publique en cas d'accident avec blessés ou morts, d'état d'ivresse manifeste, de délit (fuite...), de certaines infractions au code de la route (conduite sans permis, sans ceinture...) et sur les lieux de travail lors d'accidents avec blessés ou morts mettant en jeu le conducteur (d'un chariot automoteur, par exemple) ;

– contrôles préventifs pour tout conducteur au volant de son véhicule sur réquisition du procureur de la République ou à l'initiative des forces de l'ordre.

Les conséquences de ces contrôles pour le conducteur peuvent être les suivantes :

– entre 0,5 et 0,8 g/l d'alcoolémie, la conduite constitue une contravention (infraction) sanctionnée par une amende forfaitaire de 900 F et le retrait de 3 points du permis de conduire ;

– au-delà de 0,8 g/l d'alcoolémie, il s'agit d'un délit, sanctionné par des peines plus lourdes (retrait de 6 points du permis, amende avec, au maximum, trois ans de suspension de permis ou peine de prison).

1.2. Moyens de dépistage et de mesure [3]

Les contrôles comportent le plus souvent deux étapes.

– 1^{re} étape : le dépistage effectué à l'aide d'un éthylotest (chimique de type ballon ou électronique) permet d'établir la présomption d'état alcoolique ; cet appareil mesure l'alcool présent dans l'air expiré, exprimé en mg/l d'air expiré.

– 2^e étape : si le résultat est positif (dépassement probable du seuil de 0,25 mg/l dans l'air expiré), confirmation obligatoire par un éthylomètre conforme à un type homologué (en mg/l d'air expiré) ou, exceptionnellement, par prise de sang (en g/l de sang), en cas d'incapacité physique de souffler par exemple. Chaque mode de prélèvement (sang, air expiré) est exclusif de l'autre : en effet, si la confirmation est faite par éthylométrie et si une seconde mesure de vérification est demandée, celle-ci aura lieu par éthylométrie et non par prise de sang ; cette deuxième étape ne sera pas réalisée en cas de négativité du dépistage (non dépassement du seuil de 0,25 mg/l dans l'air expiré, donc non présomption d'un état alcoolique).

Il faut préciser qu'un conducteur n'a pas le choix du moyen de vérification (éthylomètre ou prise de sang), la loi française ayant prévu l'une ou l'autre des mesures et les appareils employés étant homologués. En pratique, l'éthylomètre est le plus souvent utilisé.

Le conducteur (ou l'officier de police judiciaire) peut cependant demander la seconde mesure de vérification, selon la procédure indiquée ci-dessus [3].

Nous n'aborderons pas ici la législation et la prévention de l'alcoolisation en milieu de travail, qui sortent du cadre de cet article. Précisons toutefois, que le recours à l'éthylotest en entreprise a une limite légale depuis l'arrêt du Conseil d'Etat du 1^{er} février 1980 qui juge que « l'éthylotest doit être strictement limité à des conditions de travail particulières » (travail sur certaines machines ou exécution de certains travaux dangereux).

Le médecin du travail, s'il le souhaite, peut utiliser l'éthylotest comme moyen de dépistage de l'alcoolémie ; mais tenu par le secret médical, il ne doit pas en communiquer les résultats à l'employeur ; ce résultat n'a d'ailleurs aucune valeur légale [4].

2. METHODES DE MESURES ET MOYENS DE DEPISTAGE DE L'IMPREGNATION ALCOOLIQUE [4]

Comme signalé précédemment, plusieurs techniques sont actuellement disponibles pour le dépistage de l'impregnation alcoolique : certains dosages se font dans le sang, d'autres, les plus fréquents, dans l'air expiré.

Rappelons que la possibilité de détecter et de mesurer l'alcool éthylique dans l'air expiré est liée à l'élimination respiratoire de l'alcool. En effet, il existe une relation quantitative entre la concentration d'alcool dans le sang et dans l'air expiré avec un rapport constant : la quantité d'alcool expirée dans 2 100 ml d'air est équivalente à celle contenue dans 1 ml de sang. En pratique, pour obtenir la concentration sanguine à partir de la concentration dans l'air expiré, il faut multiplier par 2 100. Toutefois, le texte du décret du 29 août 1995 considère 2 000 comme facteur multiplicatif (0,5 g/l d'alcool dans le sang et 0,25 mg/l d'alcool dans l'air expiré).

2.1. Dans l'air expiré

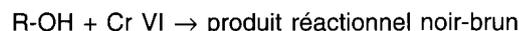
Pour le dépistage de l'alcool dans l'air expiré, deux types d'éthylotests sont utilisés [3, 5] :

– les appareils de catégorie A, dits « alcootests », utilisent une seule fois,

– les appareils de catégorie B ou éthylotests électroniques, utilisables plusieurs fois.

Ethylotests de catégorie A ou « alcootests » ou « tests d'alcoolémie » ou traditionnels « ballons »

Il s'agit de tubes réactifs associés à une poche plastique d'une contenance de 1 litre environ. Le principe de la méthode est basé sur une réaction colorimétrique, proche de celle utilisée dans les appareils Dräger, qui consiste en une réaction de la fonction alcool avec le chrome VI :



Un réactif chimique change de couleur en présence de vapeurs d'alcool dans l'haleine. Un repère tracé sur le tube permet de visualiser le dépassement probable du seuil de 0,25 mg/l ; le résultat, lu après un délai de 3 min pour laisser le réactif agir complètement, n'est pas quantitatif mais qualitatif (repère de seuil de positivité).

Pour conserver leur fiabilité, ces appareils doivent être conservés à l'abri de la lumière, à une température inférieure à 30 °C et utilisés avant leur date de péremption.

Ils ont pour avantage leur faible coût, de l'ordre de 5 à 15 F, l'absence de maintenance et la mise à disposition immédiate. Cependant la précision de ces appareils est de l'ordre de 10 % (si l'on se réfère au cahier des charges) ; de plus, la méthode de dosage n'est pas spécifique, puisque la présence d'autres substances chimiques est susceptible d'interférer avec la coloration.

Ethylotests de catégorie B ou appareils électroniques

Ce sont de petits appareils portables, à embout interchangeable, à lecture directe par affichage digital permettant de constater immédiatement en clair le dépassement probable du seuil légal de 0,25 mg/l d'alcool dans l'air expiré.

Le principe de la méthode est basé sur la génération d'un courant électrique par oxydation de l'alcool ; l'alcool éthylique à l'interface électrolyte/catalyseur s'oxyde en acide acétique suivant la réaction :



On mesure le courant capteur induit par les électrons ainsi libérés : le courant passant dans la cellule de mesure est proportionnel à la concentration en alcool. La réaction est mesurable après un délai de 20 s.

Certains éthylotests électroniques utilisent une méthode de dosage par absorption de la radiation infrarouge par la molécule d'alcool éthylique, avec une longueur d'onde caractéristique de la fonction -OH. Cette méthode est la même que celle utilisée dans les éthylomètres ; elle est détaillée plus loin.

Pour conserver leur fiabilité, on évitera d'exposer ces appareils à la chaleur et à l'humidité.

Précis (précision de la mesure de l'ordre de 5 %), fiables, avec affichage direct de la mesure allant de 0 à 0,58 ou 1,99 mg/l selon les appareils, les éthylotests électroniques sont d'un coût variable allant de 100 à 1 000 F pour les appareils « grand public », à 5 000 à 10 000 F pour ceux mis à la disposition des forces de l'ordre. Certains essais ont montré des disparités en terme de fiabilité des résultats.

La sélectivité de cette méthode de dosage n'est pas excellente ; à noter cependant une sensibilité réduite aux interférences d'autres substances contenues dans l'haleine comme les substances comportant une fonction alcool.

Tous les appareils de dépistage de l'alcool dans l'air expiré (éthylotests de catégorie A et B) utilisés par les forces de l'ordre doivent être d'un type homologué et répondre à un cahier des charges avec les différentes spécifications définies dans l'arrêté du 10 avril 1995 [6] : les essais et examens d'approbation ou de contrôle sont réalisés par des laboratoires agréés par le ministre de la Santé ; le Laboratoire national d'essais (LNE) est agréé. Cet arrêté et l'abaissement du seuil légal ont nécessité l'homologation de nouveaux éthylotests d'ores et déjà disponibles.

Pour les éthylotests à usage grand public, il n'y a pas, à l'heure actuelle, d'obligation d'homologation. Par ailleurs, les éthylotests de catégorie B doivent répondre à la norme NF X 20-902 – Mesure de l'alcool dans l'air expiré pour les appareils grand public ; ils ne constituent pas une preuve légale devant les tribunaux.

Pour la vérification de l'imprégnation alcoolique, on dispose de deux méthodes :

- le dosage de l'alcool dans l'air expiré grâce aux éthylomètres, appareils électroniques, destinés à établir la preuve légale de l'imprégnation alcoolique,
- le dosage de l'alcoolémie grâce à la prise de sang (cf. § 2.2).

Ethylomètres [4]

La plupart de ces appareils fonctionnent par analyse infrarouge. Un rayonnement infrarouge centré sur 9,4 micromètres est absorbé par la molécule contenant une fonction alcool. L'absorption du rayonnement est proportionnelle à la concentration d'alcool dans l'air expiré.

Ces appareils ont l'avantage d'être précis (précision de la mesure à 1 %), avec un affichage numérique direct de la concentration dans l'air expiré dans une fourchette de 0 (ou 0,05 mg/l) à 3 mg/l. D'un coût élevé d'environ 30 000 F, ils nécessitent une maintenance obligatoire comprenant un ensemble de mesures de vérification de leur bon fonctionnement. Plus volumineux, ils sont utilisés dans les bureaux des forces de police et de gendarmerie.

Ces appareils, qui constituent une preuve légale auprès des tribunaux, doivent être agréés, conformes à un type homologué et satisfaire aux spécifications de la norme NF X 20-701 – Ethylomètres – Spécifications et méthode d'essai (code de la route).

Ils sont assujettis au contrôle de l'Etat qui comprend l'homologation du modèle (ce qui suppose la réalisation

d'essais qui peuvent être effectués par le LNE), la vérification préventive des instruments et des vérifications périodiques annuelles conduites conformément à la norme NF X 20-701 [7, 8].

2.2. Dans le sang : dosage de l'alcoolémie [4, 5]

Le prélèvement veineux, effectué en cas d'incapacité physique ou de refus de souffler, ne peut être pratiqué que par un médecin ou sous sa responsabilité directe dans le cadre d'une prescription médicale ou d'une réquisition judiciaire ; deux échantillons sont prélevés pour une contre-expertise éventuelle, en évitant toute désinfection cutanée à l'alcool.

Deux techniques sont précisées dans l'article R. 297 du code de la route : méthode par distillation (arrêté du 27 septembre 1972), basée sur une oxydation en acide puis dosage par acidimétrie, et méthode de la chromatographie en phase gazeuse (arrêté du 6 mars 1986). Cependant, une troisième technique, la méthode enzymatique, est la plus souvent utilisée : elle n'est légalement valable que si le biologiste responsable du dosage est expert auprès des tribunaux.

Une analyse de contrôle peut être demandée et confiée à un deuxième biologiste expert (ou à un laboratoire d'établissement hospitalier agréé) ; elle est pratiquée en se conformant aux méthodes définies par arrêté.

On peut remarquer que seul le dosage de l'alcoolémie et non de l'éthanolémie est mentionné dans les textes réglementaires.

3. PRODUITS CHIMIQUES POUVANT INTERFERER

Ces différents appareils ont chacun leur spécificité qui, bien sûr, s'accroît lorsque l'on passe des appareils de dépistages aux appareils de vérification de l'imprégnation alcoolique.

3.1. Ethylotests

Appareils de catégorie A ou « alcootests »

La méthode utilisée est le plus souvent une méthode colorimétrique. Toute fonction alcool, qu'elle soit primaire, secondaire ou tertiaire, contenue dans l'air expiré entraînera une réaction colorée.

Les alcools comme le méthanol, les propanols ou le *n*-butanol, peuvent interférer ; le virage apparaît approximativement pour la même concentration dans l'air pour l'éthanol, le méthanol et le *n*-butanol et pour une concentration 10 fois supérieure pour l'isopropanol.

Il en est de même des substances chimiques qui se métabolisent en libérant une fonction alcool éliminée par voie respiratoire (acétate d'éthyle, par exemple).

Appareils de catégorie B

La méthode de dosage est ici basée sur l'oxydation de la molécule d'alcool : toute fonction alcool primaire sera susceptible d'entraîner la formation d'un acide avec libération d'électrons et positivation de la réaction. Il en est de même de tout produit chimique métabolisé, puis éliminé, sous forme d'alcool dans l'air expiré ; il pourra positiver cette réaction. Par contre l'acétone, les hydrocarbures, la vapeur d'eau n'interfèrent pas avec ce dosage.

Pour ces deux types d'éthylotests (catégories A et B), ces interactions, quoique importantes à prendre en compte, auront des conséquences mineures puisque les mesures d'imprégnation alcoolique par éthylotests n'ont pas de valeur légale et devront être systématiquement confirmées par éthylométrie (ou prise de sang). Ces interactions, qui entraînent plutôt une surestimation de l'alcoolémie, représentent un avantage en terme de prévention lors de l'usage grand public de ces appareils.

3.2. Ethylomètres

Ces derniers utilisent le plus souvent la méthode d'absorption infrarouge.

Certaines interférences avec les produits chimiques sont mentionnées dans le décret n° 85-1519 du 31 décembre 1985 réglementant cette catégorie d'instruments. Il précise : « les éthylomètres peuvent mesurer, outre la concentration d'alcool éthylique, la concentration d'autres alcools, notamment alcool méthylique ou alcool isopropylique ».

D'autres interférences sont indiquées dans la norme NF X 20-701 qui précise : « des constituants de médicaments, des produits de déviation du métabolisme normal de l'organisme, des substances contenues dans les solvants ou produits industriels ou d'autres gaz présents dans l'haleine humaine peuvent interférer dans la mesure ». L'annexe B de cette norme liste ces différents facteurs physiologiques d'influence avec les concentrations d'essai, ainsi que les indications maximales tolérées correspondantes, dans l'air expiré : ces données correspondent à des spécifications techniques auxquelles doivent satisfaire les éthylomètres (tableau I).

Enfin, l'arrêté du 31 décembre 1985 établit une liste de substances susceptibles d'influer sur la mesure de la concentration d'alcool éthylique dans l'air expiré et fixe les limites maximales d'interférence positive. Les résultats délivrés par l'éthylomètre ne doivent pas être supérieurs à 0,02 mg/l lorsqu'il est alimenté par les gaz d'essai : les gaz d'essai sont obtenus par mélange d'air ambiant et de l'une des substances figurant au tableau II [9].

A noter que dans aucun des textes mentionnés, il n'est précisé comment tenir compte de ces interférences, en particulier lors d'expositions professionnelles.

Au total, pour ces trois méthodes de mesure dans l'air expiré, différents produits chimiques rencontrés en milieu professionnel, peuvent interférer sur les résultats des dosages de l'alcool dans l'air expiré.

3.3. Dosage de l'alcool dans le sang

Le dosage de l'alcoolémie par chromatographie en phase gazeuse, tel que défini par arrêté, fait appel à une méthode spécifique qui permet la séparation et l'identification des différents alcools contenus dans le sang et le dosage spécifique de l'alcool éthylique. En cas de doutes ou de problèmes liés à l'interférence avec d'autres alcools, la réalisation d'une 2^e chromatographie permet de confirmer les résultats. Cette méthode apparaît comme la méthode de référence dans ce domaine.

La méthode par distillation, telle que définie par arrêté, n'est pas spécifique puisque toute substance distillable ayant une fonction alcool est théoriquement susceptible d'interférer avec les résultats : tel est le cas du méthanol, du propanol et du butanol. Les alcools lourds tels que l'éthylèneglycol n'interféreront pas, étant donné la difficulté pour les distiller.

TABLEAU I

Facteurs physiologiques d'influence
(décret n° 85-1519 du 31 décembre 1985)

Substances	Teneur d'essai (mg/l)	Indication maximale tolérée (mg/l)
Méthanol	0,40	0,52
Isopropanol	0,40	0,52
Acétylaldéhyde	0,40	0,40
Acétone	0,10	0,02
Monoxyde de carbone	0,05	0,02

TABLEAU II

Limites maximales d'interférence positive pour les substances susceptibles d'influer sur la mesure de la concentration d'alcool éthylique dans l'air expiré
(arrêté du 31 décembre 1985)

Substances	Concentration dans les gaz d'essai (mg/l)	Indication maximale tolérée (mg/l)
Toluène	0,05	0,02
Benzène	0,05	0,02
Xylène	0,05	0,02
Perchloroéthylène	0,05	0,02
Méthyléthylcétone	0,06	0,02
Acétate d'éthyle	0,06	0,02

Enfin, la méthode enzymatique, non définie par arrêté mais souvent utilisée, donne lieu à de nombreuses interférences avec les molécules contenant une fonction alcool. Ces interférences, souvent non annoncées, varient en fonction du kit enzymatique utilisé.

4. CONSEQUENCES DE L'EXPOSITION PROFESSIONNELLE SUR LE TAUX D'ALCOOLEMIE

Il apparaît intéressant de préciser si l'exposition à certaines substances est susceptible d'entraîner des concentrations dans l'air expiré suffisantes pour modifier les résultats donnés par les éthylotests, mais surtout par les éthylomètres, voire pour dépasser le seuil légal d'alcool dans l'air expiré. L'influence d'autres substances métabolisées et éliminées dans l'air expiré sous forme d'alcool mérite aussi d'être évaluée. En matière d'alcool au volant, la loi française fait référence à une concentration d'alcool pur dans le sang ou l'air expiré, et non à une concentration en alcool éthylique.

En pratique, le seuil maximal de 0,5 g/l équivaut à 24 g d'alcool ingéré soit environ 2 verres de 13 cl de boissons alcoolisées à 11°-13° ou 2 bières de 33 cl ou 6 cl d'alcool (si l'on considère les quantités servies dans les débits de boisson). Il s'agit d'une approximation puisqu'interviennent des facteurs tels que le rythme de consommation (délai entre deux verres), l'état gastrique (passage de l'alcool plus rapide à jeûn), le volume de diffusion corporelle (variation en fonction du sexe et du poids avec des alcoolémies supérieures chez la femme à consommation égale) et les systèmes enzymatiques de catabolisme de l'alcool (interférences avec les médicaments, produits chimiques). Cette estimation de l'alcoolémie en fonction du nombre de verres est très approximative. En moyenne, chaque verre de vin consommé ajoute 0,20 à 0,25 g/l à l'alcoolémie [2, 10].

4.1. Rappels sur le métabolisme de l'alcool et les interactions métaboliques [2, 11, 12]

L'alcool est absorbé par voie pulmonaire pour environ 30 à 62 %. Cette absorption est indépendante de la vitesse de ventilation : elle est en moyenne de 10 g/h dans une atmosphère contenant 10 à 15 mg/l d'alcool (soit 10 000 à 15 000 mg/m³).

L'absorption digestive est presque totale. Elle est ralentie et diminuée par l'absorption concomitante de nourriture, protides et glucides, et accélérée par le jeûne, l'absorption de boissons gazeuses ou alcoolisées. La vitesse d'absorption ne dépend pas de la quantité d'alcool ingérée mais de la concentration en alcool de la boisson.

L'alcoolémie atteint un maximum en 1/2 h à 1 h à jeun et en 2 h autrement. Le volume de distribution de l'alcool est égal au poids de l'individu (70 kg en moyenne chez l'homme) multiplié par la fraction du corps où se dissout l'alcool (évaluée à 0,7 chez l'homme et à 0,6 chez la femme), soit $70 \times 0,7 = 49$ litres, en moyenne chez l'homme.

La plus grande partie de l'éthanol subit un catabolisme oxydatif tandis qu'une faible partie est éliminée par glucuroconjugaison. L'éthanol est oxydé en acétaldéhyde par 3 voies différentes :

- la voie de l'alcool déshydrogénase (ADH). Cette voie est non spécifique car elle peut également oxyder d'autres alcools. Il n'y a pas d'induction enzymatique possible. En revanche, des phénomènes de compétition dose-dépendants sont possibles : à noter, l'affinité préférentielle de l'ADH pour l'éthanol avec, dans ce cas, des taux circulants d'autres toxiques maintenus élevés par défaut de métabolisation. Par ailleurs expérimentalement, le nitroglycol interagit à ce niveau par baisse du taux hépatique d'ADH, d'où diminution du métabolisme de l'éthanol et ralentissement de la baisse de l'éthanolémie (aucune donnée chiffrée chez des sujets professionnellement exposés n'est disponible) ; quant aux antihistaminiques (anti-H₂) qui inhibent l'ADH gastrique, ils peuvent entraîner une élévation de l'éthanolémie [13] ;

- la voie de la catalase. Cette voie est commune au méthanol ; aucune interférence n'a été mise en évidence à ce niveau ;

- la voie du système microsomial dans laquelle interviennent le cytochrome P450 et les enzymes à NADPH. Ce système enzymatique n'est pas spécifique, il peut subir des modifications : stimulation par inductions enzymatiques, par l'alcool lui-même, des médicaments et des toxiques industriels ; inhibition, soit par répression de la synthèse enzymatique (très rare), soit surtout par compétition entre deux substrats pour une même enzyme : celui qui a la plus faible affinité aura son effet prolongé par diminution de son catabolisme (taux sanguins plus longtemps élevés) ; c'est le cas du DMSO ou de la thiourée qui inhibent expérimentalement

l'oxydation de l'éthanol et ralentissent la baisse de l'éthanolémie.

L'acétaldéhyde ainsi formé après oxydation de l'éthanol, est oxydé en acide acétique sous l'action de l'acétaldéhyde déshydrogénase. Le disulfure de carbone, qui inhibe cette enzyme, entraîne une élévation du taux sanguin d'acétaldéhyde (considéré comme responsable du syndrome antabus), mais pas de l'éthanolémie. Il en est de même du diméthylformamide et de la *N*-butyraldoxime. L'acétaldéhyde déshydrogénase pourrait aussi être inhibée par le trichloroéthylène ; en effet, l'exposition au trichloroéthylène (50 ppm, 6 h/j, 5 j) entraîne chez des volontaires alcoolisés (alcoolémie de 0,6 g/l), une inhibition de 40 % de la métabolisation en trichloroéthanol, une augmentation de l'élimination du trichloroéthylène dans l'air expiré et dans le sang. Une légère augmentation de l'éthanol sanguin, de 6 % environ, est constatée chez les sujets exposés au trichloroéthylène à une concentration de 100 ppm pendant 6 heures avant ingestion d'éthanol par rapport aux témoins ingérant de l'éthanol seul. L'inhalation de trichloroéthylène à 2 fois la VME (150 ppm) pendant 45 minutes n'entraîne pas de modification de l'alcoolémie (méthode de dosage enzymatique).

La décroissance de l'alcoolémie est d'environ 0,10 - 0,15 g/l par heure (soit 7 g d'alcool éliminé par heure par l'organisme). La vitesse d'élimination augmente chez les consommateurs chroniques d'éthanol et chez les fumeurs.

L'alcool est éliminé à 95 % sous forme métabolisée et à 5 % sous forme inchangée dans les urines, l'air expiré, voire la sueur. La concentration d'alcool éliminée dans l'air expiré est corrélée à la concentration d'alcool dans le sang.

Au total, les produits agissant sur la pharmacocinétique ou ayant des influences sur le métabolisme de l'alcool sont mal connus, alors que les interférences de l'alcool sur la toxicité de nombreux produits industriels ont largement été étudiées.

4.2. Influence des expositions professionnelles sur les taux d'alcool dans l'air et le sang : conséquences sur d'éventuels contrôles d'alcoolémie

Quand ils sont disponibles, les résultats des dosages d'alcool correspondant aux valeurs mesurées en situation réelle d'exposition professionnelle sont donnés.

Dans tous les cas, les concentrations en alcool dans l'air expiré et dans le sang (ou la dose équivalente d'alcool total absorbé) sont estimées à partir des scénarios suivants : absorption respiratoire complète du produit si cette donnée n'est pas précisément connue ; non élimination du produit au cours des 8 heures du poste de travail, sauf pour l'alcool éthylique dont l'élimination est déterminée.

Ces scénarios correspondent à des situations extrêmes. En effet, pour les produits dont l'absorption respiratoire n'est pas clairement établie, cette absorption est évaluée à 100 % (ce qui surestime probablement les résultats) ; de plus, l'élimination du produit ou de ses métabolites sur 8 heures n'est en général pas prise en compte. Pour les substances contenant une fonction alcool, la métabolisation n'est pas non plus prise en compte et pour celles métabolisées en donnant une fonction alcool une métabolisation à 100 % est retenue (sauf pour les substances dont le métabolisme est très précisément connu). Ces scénarios calculés, qui correspondent à des situations maximalistes, ne tiennent cependant pas compte de l'absorption cutanée.

Pour les données calculées, l'exposition à la valeur limite de moyenne d'exposition (VME) est choisie comme niveau d'exposition de référence. Un facteur de sécurité, établi par

comparaison entre alcoolémie équivalente calculée et seuil légal d'alcoolémie (ou seuil légal dans l'air expiré), est donné pour chaque produit.

A titre indicatif et en l'absence de données mesurées, on considérera qu'une substance est susceptible d'influer de façon significative sur le taux d'alcoolémie si le taux équivalent d'alcoolémie calculé pour une exposition à la VME est supérieur à 0,05 g/l (soit le dixième du taux légal).

Le tableau III récapitule les données calculées et mesurées d'alcoolémie.

Exposition professionnelle à l'alcool éthylique [14]

La formule théorique retenue pour les évaluations de l'alcoolémie lors de l'exposition à l'alcool éthylique est la suivante :

$$\text{Alcoolémie calculée (en g/l)} = Q / (P \times 0,7)$$

Q : quantité d'alcool absorbée sur 8 h en g
 $Q = \text{VME} \times V_{\text{inh}} / 1\ 000$

VME : valeur limite de moyenne d'exposition en mg/m³

V_{inh} : volume inhalé par un sujet sain sur 8 heures en m³ (10 m³/8 h)

P : poids du corps du sujet en kg (soit en moyenne 70 kg chez un homme, poids retenu pour la suite des calculs)

0,7 : fraction du corps où se dissout l'alcool chez un homme (0,6 chez une femme)

P x 0,7 : volume de distribution

Données mesurées

Pour un sujet exposé à l'alcool éthylique à une concentration voisine de 8 500 ppm (8,5 fois la VME) pendant 6 heures et effectuant un travail de force (débit ventilatoire de 30 l/min, soit 10,8 m³/6 h), l'alcoolémie maximale mesurée est de 0,47 g/l, c'est-à-dire du niveau du taux légal. A noter qu'une exposition à 8,5 fois la VME est inacceptable.

Données calculées

Pour une exposition de l'ordre de la VME (1 000 ppm soit 1 900 mg/m³) pendant 8 heures par jour chez un sujet normal (respirant 10 m³/8 h), la quantité totale d'alcool

TABLEAU III

Récapitulation des données calculées et mesurées d'alcoolémie équivalente

Produits	VME (*) (mg/m ³)	Masse molaire	Données mesurées (g/l)	Données calculées (g/l)	Facteur de sécurité mesuré	Facteur de sécurité calculé
Ethanol	1 900	46	0,47 g/l (8,5 VME)	≈ 0	≈ 1 (8,5 VME)	> 1 000
1-Propanol	500	60	ND	0,08	ND	6
2-Propanol	490 (1/2 VLE)	60	0,19 mg/l (air expiré)	0,08	≈ 1	6
Méthanol	260	32	0,009 (4 h)	0,08	50	6
Alcool isobutylique	150	74	ND	0,019	ND	26
1-Butanol	150 (VLE)	74	0,0003	0,019	> 1 000	26
Ethylène-glycol	125 (VLE)	62	ND	0,019	ND	26
2-Butoxyéthanol	120	118	ND	0,009	ND	55
2-Ethoxyéthanol	19	90	ND	0,002	ND	250
2-Méthoxyéthanol	16	76	ND	0,0019	ND	260
Acétate d'éthyle	1 400	88	0,168 mg/l (air expiré)	0,15	≈ 1	3,3
1,1,1-Trichloroéthane	1 650	133	0,0003	0,0052	> 1 000	100
Trichloroéthylène	405	131	0,0014	0,013	350	38

(*) En l'absence d'autre information, les VLE ont été retenues pour certaines substances.

ND : non déterminé.

Les cases tramées indiquent les valeurs pour lesquelles une interférence avec les contrôles d'alcoolémie est possible

inhalé sur 8 heures est de 19 g (en considérant l'absorption de 100 %). En tenant compte de l'élimination de l'alcool qui est 7 g/h, soit 56 g/8 h, l'alcoolémie peut donc être estimée comme négligeable, et en particulier très au-dessous du seuil légal.

A titre de comparaison, si l'on applique la formule théorique aux critères définis dans les données mesurées (8 500 ppm = 16 150 mg/m³, 10,8 m³ sur 6 heures), les données calculées retrouvent, si l'on tient compte de l'absorption pulmonaire de l'alcool éthylique qui est de 62 %, une quantité totale absorbée d'alcool éthylique de 108 g, soit une alcoolémie de 1,34 g/l (en tenant compte de l'élimination de l'alcool qui est de 7 g/h, soit 42 g/6 h). Ces résultats surestiment l'alcoolémie mesurée qui était de 0,47 g/l, ce qui nous donne une certaine sécurité dans l'interprétation des résultats obtenus par ailleurs.

Les expositions de l'ordre de 8,5 fois la VME sont susceptibles d'entraîner une alcoolémie proche du seuil légal. Une exposition professionnelle de ce niveau sur 8 heures apparaît peu probable car des symptômes tels que somnolence, céphalées apparaissent dès la 30^e minute d'exposition. Dans la situation d'exposition à la VME, l'interférence lors des contrôles d'alcoolémie est peu probable.

Exposition professionnelle à d'autres alcools

La formule théorique retenue pour les évaluations de l'alcoolémie « équivalente » lors de l'exposition aux substances chimiques autres que l'alcool est la suivante :

Alcoolémie équivalente calculée pour un monoalcool (en g/l)

$$= \frac{Q \times (M_{\text{éth}} / M_{\text{subst}})}{P \times 0,7}$$

Q : quantité de substance absorbée sur 8 h en g
= VME × V_{inh} / 1 000

M_{éth} : masse molaire de l'éthanol (= 46)

M_{subst} : masse molaire de la substance étudiée

Cette formule est systématiquement appliquée pour les données calculées des substances évaluées ci-après.

1-Propanol ou alcool n-propylique [15]

Données mesurées

Aucune donnée n'est retrouvée chez l'homme.

Données calculées

Pour une exposition de l'ordre de la VME (200 ppm soit 500 mg/m³) pendant 8 heures par jour chez un sujet sain, la quantité totale de 1-propanol inhalée sur 8 heures est de 5 g. Cela correspond à 3,8 g d'équivalent éthanol absorbé sur 8 heures (0,08 x 46/60 ; 46 étant la masse molaire de l'éthanol et 60 celle du 1-propanol). L'alcoolémie peut donc être estimée à 0,08 g/l [3,8/(70 x 0,7)], soit un facteur de sécurité de 6 par comparaison au seuil légal, d'où possible interférence lors des contrôles d'alcoolémie.

Seules les expositions de l'ordre de 1 300 ppm (soit 6,5 fois la VME) sont susceptibles, d'après ces calculs, d'entraîner une alcoolémie proche du seuil légal (en sachant que le seuil d'irritation est, pour ce produit, de 400 ppm).

Le facteur de sécurité n'étant que de 6 sur la base des données calculées, l'interférence lors des contrôles d'alcoolémie peut être considérée comme possible lors d'une exposition à la VME.

2-Propanol ou isopropanol [16, 17]

Données mesurées

Pour une exposition de l'ordre de 200 ppm, 8 heures par jour, les concentrations d'isopropanol dans le sang en fin de poste étaient inférieures au seuil de détection de 0,001 g/l. Les concentrations d'isopropanol dans l'air expiré sont très bien corrélées aux concentrations atmosphériques : pour des expositions de l'ordre de 200 ppm (1/2 VLE, soit 490 mg/m³), les concentrations mesurées d'isopropanol dans l'air expiré sont de 0,25 mg/l, ce qui correspond en équivalent éthanol dans l'air expiré à 0,19 mg/l (0,25 x 46/60). Cette valeur est du même ordre que le seuil légal d'alcool dans l'air expiré qui est de 0,25 mg/l.

Données calculées

En l'absence de VME, la moitié de la VLE (100 ppm, soit 490 mg/m³) sera choisie pour permettre une comparaison avec les données mesurées. Pour cette exposition, l'alcoolémie peut donc être estimée à 0,08 g/l et le facteur de sécurité à 6.

L'analyse des données mesurées et calculées montre une différence entre les résultats : celle-ci est probablement due à l'absorption cutanée prise en compte dans les données mesurées et non dans celles calculées. On peut toutefois constater que le facteur de sécurité n'est que de 6, soit inférieur à 10 lors d'une exposition à la moitié de la VLE. Les résultats des données mesurées d'isopropanol dans l'air expiré montrent que l'interférence lors des contrôles d'alcoolémie est possible.

Méthanol ou alcool méthylique [18, 19]

Données mesurées

Pour une exposition de l'ordre de 100 ppm, 8 heures par jour, les concentrations de méthanol dans l'air expiré en fin de journée sont de 3,25 µg/l, ce qui correspond en équivalent éthanol dans l'air expiré à 4,67 µg/l (3,25 x 46/32). Cette valeur est environ 50 fois inférieure à celle du seuil légal d'alcool dans l'air expiré qui est de 0,25 mg/l.

Pour une exposition de l'ordre de 200 ppm (VME), 4 heures par jour, les concentrations de méthanol sanguin sont de 0,0065 g/l, soit une alcoolémie équivalente de 0,0093 g/l (6,6 x 46/32), très inférieure au seuil légal d'alcoolémie de 0,5 g/l.

Données calculées

L'alcoolémie peut être estimée à 0,08 g/l et le facteur de sécurité à 6, pour une exposition à la VME (200 ppm, soit 260 mg/m³).

L'analyse des données mesurées et calculées montre une différence entre les résultats avec une surestimation attendue de l'alcoolémie dans le scénario calculé. L'interférence lors des contrôles d'alcoolémie apparaît très improbable d'après les résultats des données mesurées.

Alcool isobutylique ou isobutanol [20]

Données mesurées

Aucune donnée n'est retrouvée chez l'homme.

Données calculées

L'alcoolémie peut être estimée à 0,019 g/l et le facteur de sécurité de 26.

L'interférence lors des contrôles d'alcoolémie apparaît très improbable dans cette situation d'exposition à la VME (50 ppm, soit 150 mg/m³).

1-Butanol ou alcool n-butylique [21]

Données mesurées

Pour une exposition de l'ordre de 200 ppm (4 fois la VLE) pendant 2 heures, les concentrations de 1-butanol dans le sang étaient inférieures à 0,0005 g/l, soit une alcoolémie équivalente de 0,0003 g/l (0,0005 x 46/74), donc moins du millième du seuil légal d'alcoolémie.

Données calculées

L'alcoolémie peut être estimée à 0,019 g/l et le facteur de sécurité à 26 pour une exposition à la VLE (50 ppm, soit 150 mg/m³).

L'analyse des données mesurées et calculées montre une différence entre les résultats avec une surestimation attendue de l'alcoolémie dans le scénario calculé. L'interférence lors des contrôles d'alcoolémie apparaît très improbable dans cette situation d'exposition à la VLE (50 ppm).

Ethylène-glycol [22]

Données mesurées

Absence de donnée chez l'homme lors d'exposition par inhalation.

Données calculées

En l'absence de VME, pour une exposition de l'ordre de la VLE (50 ppm soit 125 mg/m³), l'alcoolémie peut être estimée à 0,019 g/l et le facteur de sécurité à 26.

L'interférence lors des contrôles d'alcoolémie apparaît très improbable lors d'une exposition à la VME.

Ethers de glycol [22 à 25]

• 2-Butoxyéthanol

Données calculées : l'alcoolémie peut être estimée à 0,009 g/l et le facteur de sécurité à 55.

• 2-Ethoxyéthanol

Données calculées : l'alcoolémie peut être estimée à 0,002 g/l et le facteur de sécurité à 250.

• 2-Méthoxyéthanol

Données calculées : l'alcoolémie peut être estimée à 0,0019 g/l et le facteur de sécurité à 260.

Pour tous ces éthers de glycol, l'interférence lors des contrôles d'alcoolémie apparaît très improbable lors d'exposition à la VME.

Exposition professionnelle à d'autres produits chimiques métabolisés en donnant une fonction alcool

Acétate d'éthyle [26, 27]

Données mesurées

Pour une exposition de l'ordre de 400 ppm (soit 1 000 mg/m³) (VME), 8 heures par jour, les concentrations d'acétate d'éthyle et d'éthanol dans l'air expiré en fin de poste sont de 0,168 mg/l ce qui correspond de façon maximale à 0,168 mg/l d'éthanol dans l'air expiré. Cette valeur est proche du seuil légal d'alcool dans l'air expiré qui est de 0,25 mg/l.

Données calculées

L'alcoolémie peut être estimée à 0,15 g/l, soit un facteur de sécurité de 3,3 par rapport au seuil légal.

L'analyse des données mesurées et calculées montre des résultats très proches avec un facteur de sécurité entre 1 et 4 pour une exposition à la VME, d'où dans ce cas *possible interférence lors des contrôles d'alcoolémie*.

1,1,1-Trichloroéthane [28, 29]

Rappelons que 2 à 5 % du 1,1,1-trichloroéthane est métabolisé en trichloroéthanol, éliminé par voie urinaire.

Données mesurées

Pour une exposition de l'ordre de 300 ppm (VME, soit 1 650 mg/m³), 8 heures par jour, les concentrations de trichloroéthanol sanguin en fin de poste sont de 0,001 g/l, ce qui correspond en équivalent éthanol à 0,0003 g/l (1 x 46/149), soit moins du millième du taux légal d'alcoolémie.

Données calculées

En tenant compte du pourcentage métabolisé en alcool, l'alcoolémie peut être estimée à 0,0052 g/l, soit un facteur de sécurité proche de 100 par rapport au seuil légal.

L'analyse des données mesurées et calculées montre une surestimation attendue de l'alcoolémie calculée avec un facteur de sécurité autour de 100 pour une exposition à la VME, d'où dans ce cas une interférence lors des contrôles d'alcoolémie très improbable.

Trichloroéthylène [29, 30, 31]

Rappelons que 20 à 50 % du trichloroéthylène sont métabolisés en trichloroéthanol, éliminé par voie urinaire.

Données mesurées

Pour une exposition de l'ordre de 75 ppm (VME, soit 405 mg/m³), 8 heures par jour, les concentrations de trichloroéthanol sanguin en fin de poste sont de 0,004 g/l, ce qui correspond en équivalent éthanol à 0,0012 g/l (4 x 46/149), soit 1/350^e du taux légal d'alcoolémie. Par ailleurs, une légère augmentation de l'éthanol sanguin de 6 % environ est constatée chez les sujets exposés au trichloroéthylène à une concentration de 100 ppm pendant 6 heures avant ingestion d'éthanol par rapport aux témoins ingérant de l'éthanol seul. L'inhalation de trichloroéthylène à 2 fois la VME (150 ppm) pendant 45 minutes n'entraîne pas de modification de l'alcoolémie (méthode de dosage enzymatique).

Données calculées

En tenant compte du pourcentage métabolisé en alcool, l'alcoolémie peut être estimée à 0,013 g/l, soit un facteur de sécurité de 38 par rapport au seuil légal.

L'analyse des données mesurées et calculées montre une différence entre les résultats avec une surestimation attendue de l'alcoolémie équivalente calculée. L'interférence lors des contrôles d'alcoolémie apparaît très improbable lors d'une exposition à la VME.

Au total, certaines expositions professionnelles à des concentrations de l'ordre de la VME peuvent entraîner des taux équivalents d'alcoolémie, calculée ou mesurée, dans une fourchette de valeurs allant du dixième du taux légal au taux légal lui-même (0,5 g/l), voire au-delà (tableau III). Parmi les expositions professionnelles étudiées, celles isolées ou concomitantes au 1-propanol, au 2-propanol et à l'acétate d'éthyle peuvent influencer de façon non négligeable sur les résultats des contrôles sur la route de l'alcoolémie et de l'alcool dans l'air expiré, notamment, en raison de la non spécificité des méthodes de dosage les plus souvent utilisées lors de ces contrôles. Cette notion mérite d'être connue car elle nécessite une information des salariés, des médecins, mais aussi des pouvoirs publics ; ainsi, lors d'un contrôle de l'imprégnation alcoolique sur la route, un dosage de l'alcool dans le sang par chromatographie en phase gazeuse, seule méthode spécifique de l'alcool éthylique, devrait pouvoir être demandé comme examen de vérification et non un dosage dans l'air expiré ou dans le sang par les méthodes de distillation ou enzymatique, puisque des interférences avec les « alcools » peuvent apparaître lors des expositions sus-citées.

5. CONCLUSION

Peu de temps après l'abaissement vers un seuil relativement bas du taux répréhensible d'alcoolémie, plusieurs questions nous ont été posées par les médecins du travail. Elles portent principalement sur la possibilité de positivation de l'alcootest lors de certaines situations d'exposition professionnelle. Nous avons donc essayé d'évaluer les conséquences possibles des expositions à certains produits chimiques (soit contenant une fonction alcool, soit métabolisés en alcool) sur les résultats des dosages de l'alcool dans l'air expiré et/ou dans le sang.

L'évaluation de l'alcoolémie a été faite le plus souvent sur la base d'expositions à la VME, avec une absorption complète et une absence d'élimination du produit, ce qui cor-

respond à des résultats qui surestiment l'alcoolémie réelle ; en conséquence lorsque le facteur de sécurité (rapport entre seuil légal d'alcoolémie (0,5 g/l) et alcoolémie calculée) est supérieur à 10, il est possible d'affirmer que l'interférence avec les méthodes de contrôle de l'imprégnation alcoolique est très improbable. Ces résultats, quoique imparfaits, montrent que des solvants tels que le 1-propanol, le 2-propanol et l'acétate d'éthyle peuvent dans certaines situations influencer sur les résultats des dosages d'alcool dans le sang et/ou dans l'air expiré. Il apparaît utile que des études soient réalisées pour certains de ces produits pour lesquels il n'existe pas de données mesurées, soit en situation expérimentale chez des volontaires, soit en situation de travail, ce d'autant que l'exposition autre qu'inhalatoire n'a pas été prise en compte dans ces calculs.

Une information des salariés sur les interférences possibles entre ces expositions professionnelles et les méthodes de dépistage de l'imprégnation alcoolique, ainsi que sur les effets additionnels de l'alcool et de certaines expositions, notamment en terme de troubles comportementaux, apparaît indispensable. On leur précisera la nécessité d'utiliser systématiquement les moyens de protection mis à leur disposition sur le lieu de travail pour limiter au maximum la pénétration cutanée et respiratoire, ainsi que la nécessité d'éviter toute prise d'alcool même en faible quantité au poste de travail et notamment avant de se mettre au volant.

L'information des pouvoirs publics est elle aussi nécessaire afin que, lorsque le sujet signale une exposition à ce type de produits chimiques, le recours à une méthode spécifique de dosage de l'alcool dans le sang, comme la chromatographie en phase gazeuse, puisse être systématique.

Sur un plan pratique, le sujet reste répréhensible car dans le cas des solvants considérés, on peut supposer qu'il est aussi dangereux qu'un automobiliste ayant pris volontairement de l'alcool éthylique. Mais sa responsabilité devrait être jugée différemment en tenant compte de la part jouée par l'exposition professionnelle. Celle-ci pourrait être appréciée soit par le mesurage spécifique de l'éthanol, soit par décision du juge prise en connaissance de cause.

Il pourrait être utile que le médecin du travail, outre l'information qu'il dispense au salarié, lui donne un document écrit signalant ce type d'exposition. Ce document pourrait être présenté lors d'un contrôle afin de faciliter le recours à une méthode spécifique de dosage de l'alcool dans le sang.

A l'avenir la mise au point d'éthylomètres, dont la méthode de dosage serait spécifique de l'alcool éthylique, devrait être envisagée.

*Les auteurs remercient le Professeur Sylvain DALLY (Hôpital Fernand Widal, Paris)
et Madame Marie-Thérèse BRONDEAU
(Centre de recherche de l'INRS, Vandœuvre) pour leurs commentaires.*

(Bibliographie page suivante)

BIBLIOGRAPHIE

- [1] DELORME J. – L'abaissement du taux d'alcoolémie. *Le Concours Médical*, 23 septembre 1995, pp. 2366-2369.
- [2] GIRRE C., HISPARD E. – Législation se rapportant à l'alcoolisme et à sa prévention. Paris, Encyclopédie médico-chirurgicale, 16-047-A-21, 1995, 4 p.
- [3] Code de la route – 1^{re} partie, Article L. 1^{er}. Infractions aux règles concernant la conduite des véhicules et des animaux.
- [4] Médecins du travail d'EDF-GDF – Alcool, entreprise et médecine du Travail. Paris, EDF, 1995, Mémento pratique, pp. 88-92 et 94-96.
- [5] Code de la route – Art. R. 295 à R. 297. Dispositions concernant la conduite sous l'empire d'un état alcoolique.
- [6] Arrêté du 10 avril 1995 modifiant l'arrêté du 21 mars 1983 relatif à l'homologation des appareils de dépistage de l'imprégnation alcoolique par l'air expiré (ou éthylotests de l'air expiré). *Journal Officiel* du 22 avril 1995.
- [7] Arrêté du 31 décembre 1985 relatif à la construction, la vérification et l'utilisation des éthylomètres. *Journal Officiel* du 7 janvier 1986.
- [8] Décret n° 85-1519 du 31 décembre 1985 réglementant la catégorie d'instruments destinés à mesurer la concentration d'alcool dans l'air expiré. *Journal Officiel* du 7 janvier 1986.
- [9] Arrêté du 31 décembre 1985 établissant une liste de substances susceptibles d'influer sur la mesure de la concentration d'alcool éthylique dans l'air expiré et fixant leur limite maximale d'influence positive. *Journal Officiel* du 7 janvier 1986.
- [10] BAUMGARTH M. – Comment apprécier la quantité d'alcool ingérée et estimer l'alcoolémie qui en résulte? *Le Concours Médical*, 20 avril 1996, pp. 1115-1117.
- [11] HAGUENOER J.M. et coll. – Les interrelations entre l'alcoolisme et l'exposition aux toxiques industriels. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1982, 43, 6, pp. 461-473.
- [12] DE MALLMANN V., KREMPF M. – Alcoolisme. *La Revue du Praticien*, 1996, 46, pp. 1031-1039.
- [13] HERNANDEZ-MULOZ R. et coll. – Human gastric alcohol dehydrogenase : its inhibition by H₂-receptor antagonists, and its effect on the bioavailability of ethanol. *Alcohol Clinical and Experimental Research*, 1990, 14, 6, pp. 946-950.
- [14] Ethanol. Fiche toxicologique n° 48. Paris, INRS, 1992.
- [15] 1-Propanol. Fiche toxicologique n° 211. Paris, INRS, 1992.
- [16] 2-Propanol. Fiche toxicologique n° 66. Paris, INRS, 1992.
- [17] BRUGNONE F. et coll. – Isopropanol exposure : environmental and biological monitoring in a printing works. *British Journal of Industrial Medicine*, 1983, 40, pp. 160-168.
- [18] Méthanol. Fiche toxicologique n° 5. Paris, INRS, 1990.
- [19] OSTERLOH J.D. et coll. – Serum concentrations of methanol after inhalation at 200 ppm. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 1996, 38, pp. 571-576.
- [20] Isobutanol. Fiche toxicologique n° 117. Paris, INRS, 1990.
- [21] 1-Butanol. Fiche toxicologique n° 80. Paris, INRS, 1990.
- [22] Ethylène-glycol. Fiche toxicologique n° 25. Paris, INRS, 1988.
- [23] 2-Butoxyéthanol. Fiche toxicologique n° 76. Paris, INRS, 1996.
- [24] 2-Ethoxyéthanol. Fiche toxicologique n° 58. Paris, INRS, 1992.
- [25] 2-Méthoxyéthanol. Fiche toxicologique n° 103. Paris, INRS, 1992.
- [26] Acétate d'éthyle. Fiche toxicologique n° 18. Paris, INRS, 1991.
- [27] FERNANDEZ J., DROZ P. – Absorption et élimination pulmonaire de l'acétate d'éthyle. Etude expérimentale sur des sujets humains. *Archives des Maladies Professionnelles*, 1974, 35, 12, pp. 953-961.
- [28] 1,1,1-Trichloroéthane. Fiche toxicologique n° 26. Paris, INRS, 1992.
- [29] BIOTOX – Inventaire des laboratoires effectuant des dosages biologiques de toxiques industriels – 1,1,1-Trichloroéthane, p. 146 et Trichloroéthylène, p. 147. Paris, INRS, 1995, ED 791.
- [30] LOB M. – L'action du trichloroéthylène sur le taux d'alcool dans le sang. *Medicina del Lavoro*, 1960, 51, 10, pp. 587-592.
- [31] MULLER G. et coll. – Metabolism of trichloroethylene in Man. III. Interaction of trichloroethylene and ethanol. *Archives of Toxicology*, 1975, 33, pp. 173-189.