

**Evaluation des rendements «réels» en goudrons et en nicotine obtenus par
des fumeurs habituels de cigarettes «full»**

Assessment of smokers' tar and nicotine yields under natural conditions

*Véronique Marchand, Bénédicte Delarue, Christian Tessier,
Nicole Chabrilat et Jean Hée*

SEITA-ALTADIS Centre de Recherche - 4, rue André Dessaux
45404 FLEURY LES AUBRAIS Cedex

Résumé

Bien que ce ne soit pas leur objet, les marquages des rendements en goudrons et en nicotine sur les paquets de cigarettes sont souvent dénoncés comme sous-estimant les quantités produites par les fumeurs. Cette contestation est surtout fondée sur la comparaison entre les paramètres standard de fumage retenus pour déterminer les rendements (norme ISO 3308) et les mesures de ces mêmes paramètres effectuées en laboratoire chez les fumeurs. L'objet de cet étude est de vérifier si les mesures du mode de fumage faites en conditions expérimentales sont représentatives de la réalité, et de proposer une méthode indirecte pour évaluer les rendements réalisés par les fumeurs en situation naturelle.

Deux groupes de fumeurs habituels (A : $n = 30$; B : $n = 31$) de cigarettes «plein arôme» de «goût américain» commercialisées en France, ont été recrutés. Ces cigarettes, bien que de conceptions différentes, ont des rendements normalisés identiques, exprimés par un marquage sur les paquets de 12 mg de goudrons et de 0.9 mg de nicotine. Les fumeurs se sont soumis à la mesure des paramètres de fumage (volume et durée des bouffées, intervalles entre les bouffées, etc) sur leur première cigarette de la journée. Ils ont en outre fourni 5 de leurs mégots recueillis en situations naturelles de fumage. La fréquence et le volume des bouffées mesurés en condition de laboratoire sont en moyenne plus élevés que les valeurs retenues en fumage standard ISO (1 bouffée de 35 ml par minute), et se caractérisent par une très grande variabilité, ce qui interdit toute possibilité de prédire le mode de fumage d'un individu à partir d'une norme quelconque.

Chaque profil de fumage enregistré au laboratoire a été dupliqué de façon à déterminer les rendements obtenus par ces fumeurs. Pour chacun des deux groupes, ces rendements ont pu être corrélés à la charge des filtres correspondant, évaluée par la densité optique d'un extrait alcoolique (DOF). Compte tenu de cette relation, il est possible de mettre en évidence une perturbation très variable des sujets par les conditions de mesure, en comparant la charge de filtres provenant de fumages en situation naturelle à celle des filtres produits au laboratoire par les mêmes fumeurs. D'après le rapport de ces deux charges on peut estimer que les fumeurs produisent en général plus de fumée au laboratoire qu'en conditions naturelles (en moyenne, le rapport est de 1,40 mais il peut monter jusqu'à 3). Les études de laboratoire ne peuvent donc pas être utilisées directement pour déterminer la façon de fumer des sujets dans leur environnement naturel. En revanche, la collecte des mégots dans cette dernière situation et la relation établie par la duplication entre les rendements et la charge des filtres permet d'estimer indirectement les rendements obtenus en fumage naturel : en moyenne sur les 61 fumeurs de l'étude, ces rendements s'établissent à 12 mg de goudrons et 0,9 mg de nicotine, soit exactement les valeurs marquées sur les paquets. Bien que ce résultat indique que les marquages se révèlent représentatifs de la moyenne des rendements obtenus par les fumeurs, ces marquages ne sauraient prédire les quantités produites, et encore moins absorbées, par les fumeurs, compte tenu de la grande variabilité de leur mode de consommation.

Abstract

Around the world, international machine smoking norms (e.g. ISO 3308) are used to determine tar and nicotine yields of cigarettes, with the main purpose of comparing smoke yields from the cigarettes. There has recently been an expectation by some autho-

rities that smoke yields determined by standard machine methods should correspond to yields obtained from the cigarette by individual human smokers, and the relevance of the standard yields for quantifying smokers' exposure has been called into question. This contestation is mainly based on the discrepancy between the smoking parameters that are defined in the standard smoking regimen and the smoking parameters that can be assessed under laboratory conditions from smokers. The aim of this study was to determine whether the measurements that are made under laboratory conditions are representative or not of the real way of smoking of smokers under natural conditions, and if not, to propose an indirect way of assessment of smokers' yields under natural conditions.

We asked 61 usual smokers of two main commercial brands of regular cigarettes (12 mg tar and 0.9 mg nicotine) in France to participate in the study and to collect 5 of the butts from cigarettes that they had smoked under natural conditions. The smoking behaviour of each subject was determined using a Smoking Puff Analyser when smoking the first cigarette of the day. On average, the frequency and the puff volumes assessed under these laboratory conditions are higher than the parameters retained in the standard smoking conditions (one puff of 35 mL per minute), and are highly variable from one subject to another. This high variability makes very unrealistic the prediction of each individual way of smoking from any standard smoking regimen. In a second step, duplication of each smoking profile was undertaken in order to determine the tar and nicotine yields obtained under these laboratory conditions. For both groups but in different ways, these laboratory tar and nicotine yields were correctly correlated with the optical density of alcoholic solutions prepared from the butts (OD). By comparing the OD of filters obtained under laboratory conditions (ODLAB) to the OD of filters obtained by the same smokers under natural conditions (ODNAT), it is obvious that smokers are perturbed by the laboratory conditions, resulting in general in significant increases in smoke yields (on average, the ration of ODLAB / ODNAT is 1.40 and it can even increase up to 3). As a consequence, laboratory studies are not directly convenient to assess the smoking behaviour of smokers in their natural environment. On the other hand, the collecting of butts from cigarettes that have been smoked under natural conditions and the use of the equations between yields and OD that have been determined in the duplication step, allows us to evaluate the smoke yields under natural conditions. The 61 smokers produced an average of 12.1 mg tar and 0.92 mg nicotine, with large differences between smokers but no between-groups difference and above all, no difference with the ISO yields of these cigarettes. We can conclude that the standard smoking machine conditions give a good indication of mean tar and nicotine yields amongst smokers for the 12 mg tar cigarettes used in this study. Nevertheless, these standard smoking conditions will never allow us to predict individual smokers' yields or level of exposure because of the high variability of the smokers' behaviour.

1 • Introduction

La loi fait obligation aux industriels du tabac de marquer, sur chaque paquet de cigarettes commercialisées, les rendements en goudrons et en nicotine. Ces rendements sont déterminés dans des conditions de fumage définies par la norme internationale ISO 3308 (bouffées de 35 mL tirée en 2 secondes, à raison d'une bouffée par minute et ceci jusqu'à une longueur de mégot définie), de façon à pouvoir comparer et classer les produits quelque soit leur origine. En France, l'autorisation de mise sur le marché est, par ailleurs,

soumise à la conformité du marquage contrôlée par un organisme officiel indépendant. Bien que ce ne soit pas leur objet, les marquages de rendements sont de plus en plus souvent dénoncés comme «sous-estimant largement les teneurs» obtenues par les fumeurs (60 Millions de consommateurs, 1999 ; JARVIS MJ *et al.*, 2001 ; DJORDJEVIC MV. *et al.*, 2000). En effet si, pour une marque donnée de cigarette, le produit commercial «cigarette» est relativement constant quant à sa composition et sa structure, la fumée produite par un consommateur à partir de cette cigarette varie largement, en quantité et en qualité, suivant l'individu, les circonstances et même au cours du fumage d'une même cigarette. Cette variabilité des modes de fumage a été mise en évidence par des études de comportement du fumeur (GUILLERM *et al.*, 1978), effectuées en laboratoire à l'aide d'un appareillage spécifique (DEBROIS, 1986) dont le principe avait été défini dès 1975 (GUILLERM *et al.*, 1975). Toutes ces mesures ne pouvant être faites qu'en laboratoire, avec toutes les contraintes que cela impose, il y a lieu de se demander si le mode de fumage ainsi déterminé est représentatif de celui réalisé en libre cours. L'objet de cette étude est donc d'estimer indirectement les quantités de goudrons et de nicotine produites en fumage naturel en prenant en compte l'éventuelle perturbation des fumeurs provoquées par les conditions de laboratoire.

2 • Matériels et méthodes

2.1. Population étudiée

L'étude porte sur 61 fumeurs volontaires, recrutés par une agence indépendante selon les critères d'inclusion définis par le protocole. Les sujets sont des hommes majeurs, fumant exclusivement depuis au moins deux ans, 10 à 30 cigarettes par jour, l'une des deux marques de cigarettes choisies, A (30 sujets) et B (31 sujets). Il s'agit de cigarettes commerciales présentes sur le marché français, de «goût américain» et de type «plein arôme» : leurs rendements en fumage normalisé sont de 12 mg de goudrons et 0,9 mg de nicotine. Les sujets sont des fumeurs inhalant, ce critère étant contrôlé par la mesure, en fin de journée, du taux de CO dans l'air de fin d'expiration selon la méthode de RADZISZEWSKI (1990) : ce taux devait être supérieur à 13 ppm. L'absence de pathologie pulmonaire est vérifiée par radiographie et l'absence d'anomalie pondérale est contrôlée d'après la formule : Poids (kg) = [Taille (cm) - 100 - (Taille - 150)/4] ± 20 %. Les sujets sont informés du but et du protocole de l'étude, et ils signent un formulaire de consentement éclairé.

2.2. Déroulement de l'étude

Les fumeurs inclus dans l'étude sont convoqués au laboratoire un matin à jeun de cigarette, de façon à déterminer leur mode de fumage sur leur première cigarette de la journée. Ils fournissent de plus cinq mégots des cigarettes fumées la veille en conditions naturelles (en dehors du laboratoire), soigneusement éteintes à l'aide d'un étouffoir et conservées dans un flacon prévu à cet usage.

2.3. Mesures du mode de fumage en laboratoire

Au laboratoire, le sujet fume sa cigarette au travers d'un fume cigarette débit-métrique relié à l'Analyseur de Fumage de Cigarette (SODIM, Fleury les Aubrais,

France), appareil qui, à partir du signal débit en fonction du temps, permet de mesurer le volume et la durée de chaque bouffée, l'intervalle entre les bouffées, le nombre total de bouffées, le volume total de fumée tirée de la cigarette.

2.4. Duplication du fumage

Le profil de fumage de chaque volontaire, enregistré sur l'Analyseur de Fumage, permet, grâce à un Duplicateur de Fumage (SODIM, Fleury les Aubrais, France) de fumer une cigarette de même marque exactement de la même façon que le sujet considéré. Entre la cigarette et le duplicateur est interposé un filtre Cambridge destiné à retenir toute la phase particulaire de la fumée. Par différence de poids du filtre Cambridge avant et après le fumage, on détermine la quantité de Condensat Brut produit par cigarette. Le filtre est alors incubé dans une solution d'isopropanol, et les quantités de nicotine et d'eau sont mesurées par Chromatographie en Phase Gazeuse. Le rendement en goudrons est déterminé selon la norme ISO 3308 d'après la différence entre la masse de condensat brut et la masse (nicotine + eau). Pour chaque profil de fumage à dupliquer, on fume successivement trois cigarettes par filtre Cambridge et deux filtres Cambridge sont utilisés. Les résultats exprimés par cigarette représentent ainsi la moyenne obtenue après fumage de 6 cigarettes individuelles.

Dans chacun des deux groupes, trois profils n'ont pu être reproduits : les duplications ont dû être interrompues en raison d'un risque de combustion des filtres. Ce phénomène est vraisemblablement attribuable, d'une part, au très petit mégot laissé par certains fumeurs et, d'autre part, à la variabilité individuelle des cigarettes. Les duplications ont donc porté en réalité sur 28 et 27 profils respectivement pour les groupes A et B.

2.5. Relation entre rendement en goudrons et charge du filtre

Partant de l'hypothèse que, pour une cigarette donnée, il devrait exister une relation entre la quantité de fumée tirée par le fumeur et la quantité de fumée retenue par le filtre de la cigarette, nous avons cherché à établir l'existence d'une telle relation en utilisant les fumages diversifiés des duplications. Le rendement en goudrons est représentatif de la quantité de fumée tirée. La quantité de goudrons retenue par le filtre est déterminée, après une nuit d'incubation du filtre dans 10 mL d'isopropanol, par mesure de l'absorbance à 464 nm de la solution. La charge du filtre est exprimée en terme de DOF (Densité Optique de la solution Filtre). Les régressions entre rendements en goudrons et DOF ont été établies sur 28 profils de duplication pour la cigarette A et seulement 18 profils pour la cigarette B (9 des 27 profils dupliqués n'ont pu être exploités en terme de DOF à cause d'un effet «opérateur»).

2.6. Estimation de la perturbation des fumeurs en situation expérimentale

Pour chaque sujet, à partir de la DOF déterminée sur le mégot de la cigarette fumée au laboratoire (LABO) et sur les 5 mégots produits en fumage naturel (NAT), la perturbation du fumeur induite par les conditions de laboratoire a été estimée d'après le rapport DOF LABO / DOF NAT, cette dernière valeur correspondant à la moyenne obtenue sur les 5 mégots en situation naturelle. Un rapport égal à 1 signifierait que les rendements sont équivalents.

2.7. Estimation des rendements obtenus en conditions naturelles

Dans la mesure où la relation entre le rendement en goudrons et la charge des filtres est vérifiée (cf. 2.5.), les équations des régressions linéaires peuvent être utilisées pour estimer, à partir des DOF des mégots recueillis en conditions naturelles (DOF NAT), les rendements en goudrons et en nicotine obtenus par chaque fumeur.

2.8. Analyse statistique

L'analyse statistique des résultats a été réalisée en deux temps à l'aide du logiciel STAT Graphics Plus (Unware, Paris, France). Après vérification de la normalité de la distribution des données (test de Kolmogorov) et de l'égalité des variances (test de Bartlett), les comparaisons entre les deux groupes ont été réalisées par comparaison de moyennes (test t). Lorsque les conditions de normalité et d'isovariance n'étaient pas remplies, les variables ont été transformées de façon à respecter ces exigences. Dans le cas où la transformation ne permettait pas de respecter ces conditions, les résultats ont été exploités à l'aide d'un test non paramétrique.

Une différence significative est toujours donnée à $p < 0,05$.

3 • Résultats

3.1. Caractéristiques des sujets

Dans notre échantillon de population, le fumeur «moyen» a 28,5 ans, il mesure 1,76m et pèse 71 kg. La veille du jour de son passage au laboratoire, il a fumé 21 cigarettes (dont il a collecté 5 mégots) (Tableau 1). Sur ces critères caractérisant les sujets, aucune différence significative n'apparaît entre les deux groupes A et B

Critère	A			B			A + B
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Moyenne
Age (ans)	20	30,4	51	18	26,6	43	28,5
Taille (cm)	150	175	188	166	177	192	176,2
Poids (kg)	49	69	89	57	72	92	70,7
Conso. J-1 (n cig)	12	21,3	39	10	21	43	21,1

Tableau 1 : Caractéristiques des sujets

3.2. Paramètres de fumage en laboratoire

Le tableau 2 résume les résultats obtenus sur les principaux paramètres de fumage en laboratoire. La première (allumage de la cigarette) et la dernière bouffées étant généralement atypiques ne sont pas retenues dans le calcul du volume moyen et de la durée moyenne de bouffée. Pour la même raison le dernier intervalle n'est pas pris en compte pour déterminer l'intervalle moyen.

Critère	A			B			A + B
	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Moyenne
Nombre de bouffées	8	11,2	16	7	11,6	21	11,4
Volume moyen (ml)	33,3	58,6	89,1	28,2	48,8	78,2	
Durée moyenne (s)	1,2	2,3	4,2	1,4	2,5	3,4	2,4
Intervalle moyen (s)	15,9	29,4	66,5	10,9	26,6	63,6	28

Tableau 2. Paramètres de l'acte du fumeur mesurés en conditions de laboratoire.

En gras : les critères pour lesquels les moyennes entre les deux groupes diffèrent ($p < 0,05$)

Ces résultats confirment la grande variabilité des modes de fumage, selon le sujet, en dépit de l'uniformité du rendement des cigarettes. Respectivement pour les groupes A et B, les paramètres caractéristiques varient dans un rapport de 2 et 3 pour le nombre de bouffées, de 2,7 et 2,8 pour le volume de la bouffée moyenne, de 3,5 et 2,4 pour la durée de la bouffée moyenne, de 4,2 et 5,8 pour l'intervalle moyen entre les bouffées. Si l'on prend en compte l'ensemble des sujets (A + B), les rapports tendent à être légèrement plus importants encore et passent respectivement à 3 ; 3,2 ; 3,5 et 6,1. La comparaison entre les deux groupes de fumeurs ne fait apparaître qu'une seule différence significative sur le volume de la bouffée moyenne : l'origine de cette différence n'est pas évidente, mais pourrait être due soit à la structure différente des filtres (le filtre A étant moins résistant et plus ventilé), soit à des qualités aromatiques différentes de la fumée liées aux particularités des mélanges de tabacs.

Par rapport à la norme de fumage ISO 3308, les fumeurs, en conditions expérimentales de laboratoire, sembleraient tirer plus fréquemment (intervalle de 28 secondes au lieu de 60 secondes) des bouffées plus importantes en volume (49 ou 59 mL en moyenne, selon le groupe, contre 35 mL) et en durée (2,4 s contre 2 secondes).

3.3. Relations entre charge du filtre et rendement obtenu par duplication

Les relations entre la DOF et le rendement en goudrons obtenu lors des duplications de fumage sont résumées graphiquement sur les figures 1 et 2 respectivement pour les cigarettes A et B.

La force de ces relations donnée par le coefficient de détermination (r^2) est très satisfaisante puisque celui-ci est de 76,8 % pour la cigarette A et de 78,1 % pour la cigarette B. Pour le rendement en nicotine la relation avec la DOF est équivalente avec la cigarette A (r^2 : 82,4 %) mais sensiblement plus faible avec la cigarette B (r^2 : 59,1 %). Ainsi l'hypothèse de travail est vérifiée et l'on peut considérer que la DOF du filtre est un bon moyen de déterminer indirectement la quantité de goudrons et donc de fumée tirée d'une cigarette donnée.

Figure 1. Goudrons = f(DOF) pour la cigarette A

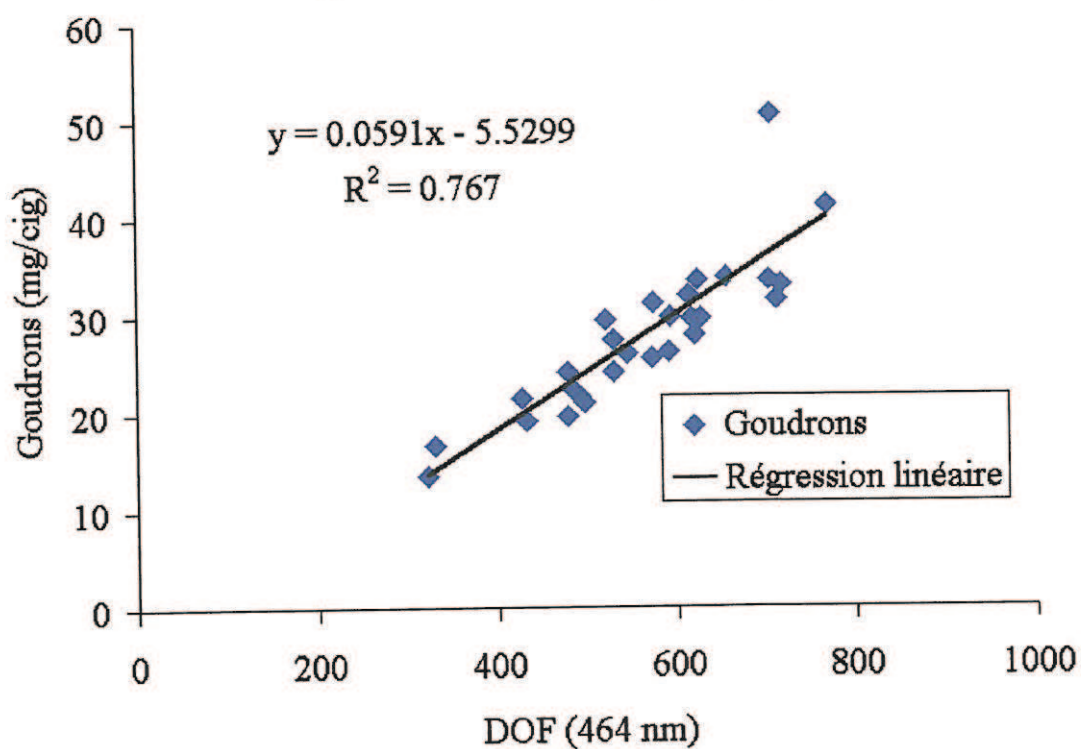
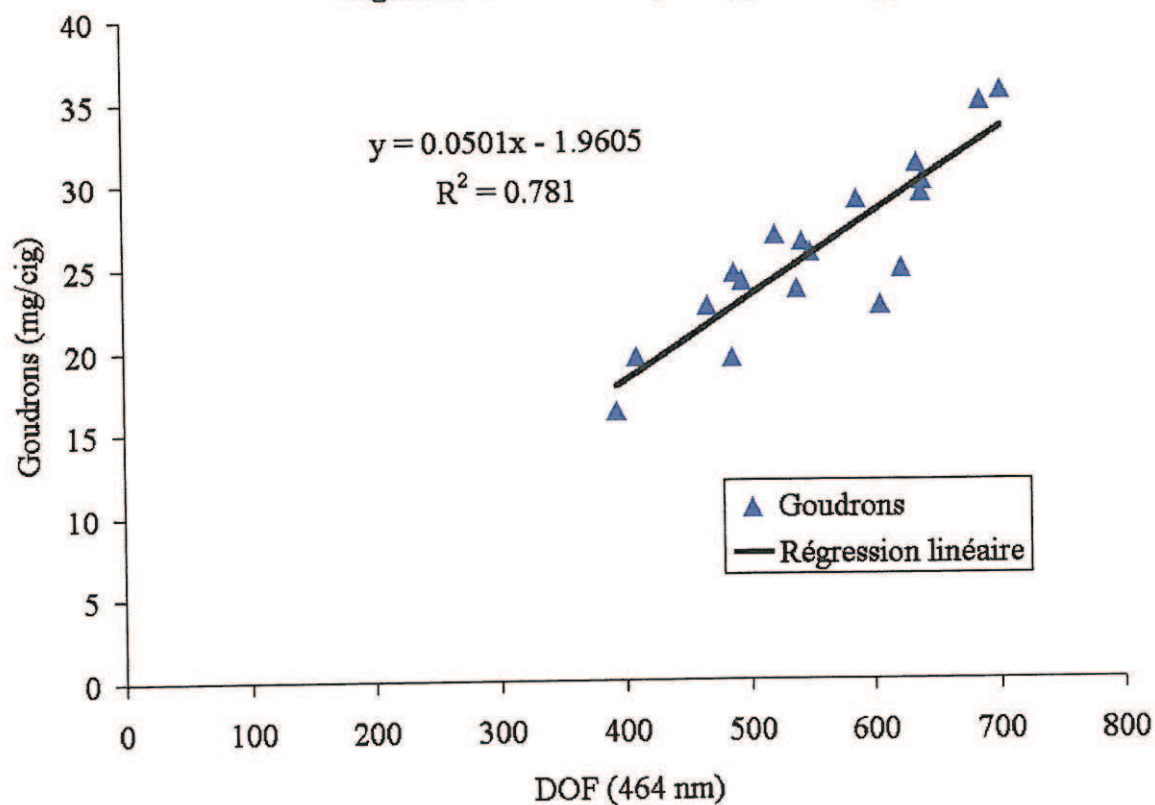


Figure 2. Goudrons = f(DOF) pour la cigarette B



3.4. Perturbation des fumeurs

La perturbation des fumeurs par les conditions de laboratoire a été établie d'après le rapport DOF LABO /DOF NAT, comme décrit au paragraphe 2.6. Les résultats synthétisés dans le tableau 3 font apparaître, une fois encore, de grandes différences de comportement entre les sujets : quelques sujets fument moins intensément au laboratoire qu'en situation naturelle (rapport DOF LABO/DOF NAT inférieur à 1), mais la plupart des fumeurs augmentent très sensiblement la quantité de fumée tirée : en moyenne ce rapport entre les DOF est accru de 40 % pour l'ensemble des 61 sujets, sans différence significative entre les deux groupes.

	A			B			A + B
Critère	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Moyenne
DOF labo / DOF nat	0,77	1,46	3,14	0,5	1,34	2,06	1,4

Tableau 3. Perturbation des fumeurs par les conditions de laboratoire.

Certains sujets très perturbés par les conditions de mesure vont jusqu'à multiplier par 3 ce ratio. Si nous ne pouvons directement extrapoler ce résultat au fait de tripler les rendements (ceci ne serait vrai que pour des relations rendements = f(DOF) passant par zéro), il est néanmoins clair que les mesures faites en laboratoire surestiment la quantité de fumée tirée par les sujets en situation naturelle, cette surestimation dépendant de la perturbation des sujets.

3.5. Rendements obtenus en conditions naturelles

Le tableau 4 résume les rendements en situation naturelle, déterminés indirectement en tenant compte de la DOF des filtres rapportés par les sujets (DOF NAT) et de la relation qui lie les rendements à la DOF.

	A			B			A + B
Rendements	Minimum	Moyenne	Maximum	Minimum	Moyenne	Maximum	Moyenne
Goudrons (mg/cig)	4,6	11,8	21,2	4	12,4	21	12,1
Nicotine (mg/cig)	0,52	0,87	1,33	0,5	0,96	1,43	0,92

Tableau 4. Rendements en goudrons et nicotine estimés en fumage naturel.

Comme on pouvait s'y attendre d'après les différences interindividuelles du mode de fumage, les quantités de goudrons et de nicotine produites en situation naturelle, selon notre méthode d'estimation, varient dans une très large mesure d'un fumeur à l'autre : les quantités de goudrons produites varient dans un rapport de 1 à 5 avec le même type de cigarette. Aucune différence significative n'est observée entre les deux groupes A et B. Sur l'ensemble des 61 sujets les rendements moyens obtenus en situation naturelle sont de 12,1 mg de goudrons et 0,92 mg de nicotine, soit l'équivalent des valeurs obtenues en

fumage normalisé et figurant sur les paquets. La figure 3 résume graphiquement la comparaison des rendements entre le fumage ISO et le fumage des sujets. Aucune différence significative n'est observée entre les valeurs moyennes de rendements en goudrons et en nicotine obtenus par les 61 fumeurs de l'étude en conditions naturelles de fumage et les valeurs des rendements obtenus pour ces mêmes cigarettes en fumage normalisé.

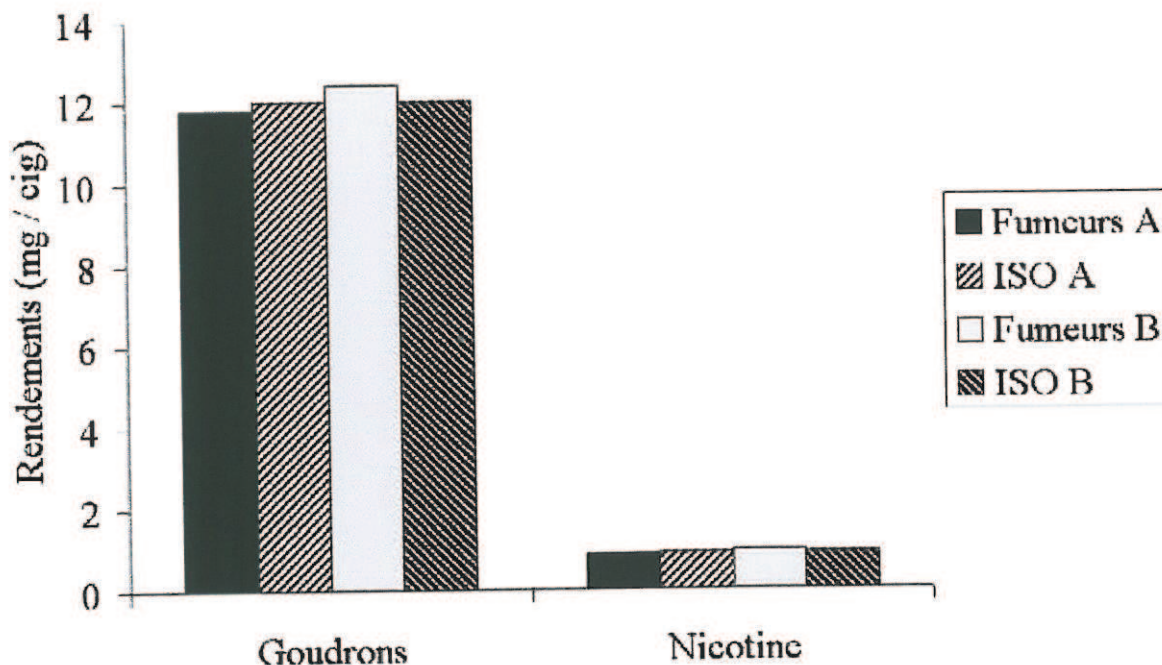


Figure3. Comparaison des rendements obtenus par les fumeurs en conditions naturelles aux rendements obtenus en fumage normalisé

4 • Discussion

Le rapport qui existe entre la quantité de fumée fournie et la quantité de fumée retenue dans le filtre dépend, entre autres choses, du pouvoir rétentif du filtre et du régime de débit. Le pouvoir rétentif du filtre est généralement lié à la résistance au tirage : ceci explique, pour une part, que les relations rendements en Goudrons / DOF diffèrent entre la cigarette A (résistance au tirage de 110 mm H₂O à 17,5 ml/s) et la cigarette B (résistance de 136 mm H₂O dans les mêmes conditions). Par ailleurs la capacité de rétention d'un filtre diminue lorsque le débit augmente. Aussi pour maîtriser au mieux l'influence du débit, la meilleure méthode était d'utiliser les profils de débits propres aux fumeurs retenus dans l'étude. La grande variabilité du mode de fumage des sujets a permis d'établir la relation recherchée dans une gamme assez large et adaptée à notre population. Compte tenu de ces remarques, il va sans dire que les équations obtenues grâce aux duplications de fumage de nos sujets ne sont pas extrapolables dans une autre gamme de quantité de fumée, ni généralisables à d'autres sujets et encore moins à d'autres cigarettes. Le bon coefficient de détermination obtenu dans nos conditions expérimentales nous autorisait à considérer la charge du filtre, déterminée par la DOF, comme un bon indice de la quantité de goudrons, et même de nicotine, délivrée à la bouche du fumeur.

Nous avons ainsi pu estimer les rendements obtenus par les fumeurs et observer, de façon inattendue mais intéressante, qu'ils sont en moyenne analogues aux valeurs marquées sur les paquets et obtenues dans des conditions de fumage normalisées, dont l'objet est de standardiser les méthodes d'étude et non de simuler l'acte du fumeur moyen. Ce fumeur moyen n'existe d'ailleurs pas comme en atteste l'étendue de la variabilité des paramètres de fumage en laboratoire et des charges des filtres en situation naturelle : la variabilité du mode de fumage observée en laboratoire n'est donc pas à mettre sur le compte des conditions de mesure. Nous confirmons bien que chaque sujet a sa façon propre de fumer et qu'il est plus ou moins sensible aux facteurs extérieurs, ainsi que nous l'avons mis en évidence avec le facteur de perturbation par les conditions de laboratoire. Cette perturbation se traduit par un accroissement de l'intensité de fumage en laboratoire, qui est révélé par une augmentation de 40% du rapport des DOF LABO/DOF NAT, accroissement qui peut atteindre chez certains sujets 200%. Notre méthode ne permet pas d'identifier les paramètres du fumage qui sont les plus influencés par les conditions de mesure. Il est probable qu'en situation de laboratoire, en l'absence d'occupation, la fréquence des bouffées est accrue. Par ailleurs, le volume des bouffées lui aussi pourrait être augmenté en raison du volume mort du fume cigarette débit-métrique, qui, bien que limité, retarde l'arrivée de la fumée au niveau buccal et diffère les sensations gustatives intervenant dans la modulation des bouffées.

De l'ensemble de ces observations deux conclusions sont à tirer. En premier lieu, les mesures faites en laboratoire de l'acte du fumeur doivent tenir compte de l'influence des conditions de mesure sur le comportement des sujets pour pouvoir extrapoler les résultats aux situations naturelles. La simple comparaison de la charge des filtres obtenus chez un même fumeur en laboratoire et en libre cours permet de vérifier dans quelle mesure cette extrapolation est justifiée. La plupart des auteurs qui se sont attachés à mesurer le volume et la fréquence des bouffées des fumeurs ne semblent pas avoir tenu compte des biais introduits par les conditions expérimentales (DJORDJEVIC *et al.*, 2000) et ont conclu, sans doute hâtivement, que les fumeurs en général, tirent d'avantage de fumée de leur cigarette que les machines à fumer utilisées en conditions normalisées.

En second lieu, les toxicologues ou les médecins qui se préoccupent de l'évaluation des quantités de goudrons et de nicotine absorbés par les fumeurs, disposent, avec la méthode indirecte que nous avons proposée, d'un moyen plus conforme à la réalité que la méthode fondée sur le comportement des sujets en laboratoire. Est-il besoin de rappeler que la quantité totale absorbée dépend non seulement du nombre de cigarettes consommées quotidiennement, mais aussi de la façon de fumer, propre à chaque sujet, et enfin de la profondeur de l'inhalation, puisque l'absorption de la fumée se fait en majeure partie au niveau des voies aériennes profondes ?

En dépit des limites que nous avons soulignées, les études de comportement du fumeur réalisées en laboratoire, demeurent utiles pour évaluer spécifiquement en essais croisés l'influence de telle caractéristique physique ou chimique des cigarettes sur le mode de fumage, chaque sujet étant alors son propre témoin. Si elle ne peuvent en aucun cas être représentatives de ce qui se passe dans la réalité, elles fournissent des moyens, notamment grâce à la duplication, d'évaluer les rendements obtenus par les fumeurs en conditions naturelles de fumage.

5 • Conclusion

L'hypothèse d'une relation entre la charge en goudrons des filtres et la quantité de goudrons, et à un moindre degré de nicotine, délivrée à la bouche a été confirmée dans les conditions de fumage de deux groupes de fumeurs de cigarettes «plein arôme». Cette relation, qui dépend du type de cigarette fumée, permet, d'une part, de démontrer que les mesures des paramètres de fumage effectuées en conditions de laboratoire entraînent une surestimation moyenne de 40 % de la quantité de fumée tirée en situation naturelle, et d'autre part, qu'en situation naturelle les fumeurs en moyenne obtiennent des rendements en goudrons et en nicotine équivalents aux rendements mentionnés sur les paquets et obtenus en condition standard de fumage. La perturbation des fumeurs par les conditions de mesure en laboratoire est éminemment variable, mais ne peut expliquer la variabilité interindividuelle des paramètres de fumage observées en condition de laboratoire.

Remerciements : une partie de cette étude a été financée par l'Association pour la Recherche sur les Nicotianées ; les auteurs remercient le Docteur Jore (Orléans) qui a participé à la mise en œuvre du protocole notamment en vérifiant l'absence d'anomalie pulmonaire chez les sujets.

Bibliographie :

- DEBROIS P. (1986). Un appareil pour analyser le fumage des cigarettes. *Act. Symp. CORESTA*, Taormina (Italie), **vol.II** : 490-507.
- DJORDJEVIC MV, STELLMAN SD., ZANG E. (2000). Doses of nicotine and lung carcinogens delivered to cigarette smokers. *J. Natl. Cancer Inst.*, **vol 92**, n°2 : 106-111.
- GUILLERM R., RADZISZEWSKI E. (1975). Une nouvelle méthode d'analyse de l'acte du fumeur. *An. Du Tabac.*, sect. 1, **13**, 101-110.
- GUILLERM R. RADZISZEWSKI E. (1978). Analysis of smoking pattern including intake of carbon monoxide and influences of changes in cigarette design. In *Smoking Behaviour*. THORNTON edit. Churchill Livingstone, 1 vol. : 361-370.
- JARVIS MJ, BOREHAM R., PRIMATESTA P., FEYERABEND C., BRYANT A. (2001). Nicotine yield from machine-smoked cigarettes and nicotine intakes in smokers : evidence from a representative population survey. *J Natl. Cancer Inst.*, **93** : 134-138.
- RADZISZEWSKI E. (1990). Evaluation d'un échantillonneur de gaz de fin d'expiration. Application à la détermination de la carboxyhémoglobine. *Arch. Mal. Prof.*, **51**, 245-249.
- Soixante Millions de consommateurs ; septembre 1999, n° 331 : 28-33.