

INDICATEURS PHYSIQUES DU RENDEMENT EFFECTIF DES CIGARETTES EN GOUDRONS ET NICOTINE.

Lynn T. KOZLOWSKI

Cet exposé a été fait lors de la 3^e Journée de la Dépendance tabagique à l'UFR Biomédicale des Saints-Pères à Paris le 8 Juin 1985. Les Comptes Rendus de cette journée n'ont fait l'objet que d'une brochure photocopiée. Lynn KOZLOWSKI faisait alors son travail de recherches à l'Addiction Research Foundation, 33 Russell Street TORONTO, Ontario, CANADA

Vers la fin des années soixante, les goudrons de cigarettes ont été officiellement considérés comme dangereux pour la santé (29). Les personnes qui ne pouvaient arrêter de fumer ont été encouragées à fumer des cigarettes à taux faible de goudrons et nicotine. En 1967, la Federal Trade Commission (TTC) a ouvert un laboratoire pour faire des contrôles standardisés du rendement des cigarettes en goudrons et nicotine. La machine à fumer, utilisée selon un standard bien défini, a été l'instrument de mesure qui devait être appliqué à toutes les cigarettes. Les cigarettes à faible taux de goudrons apportent par définition ces faibles quantités lorsqu'elles sont fumées de façon standard à raison d'une bouffée de 35 ml aspirée en deux secondes toutes les minutes jusqu'à une longueur de mégot précise. En dehors de quelques différences concernant la longueur du mégot, c'est là le standard international pour la combustion de cigarettes dans un laboratoire d'analyses (3). Partout dans le monde, et à quelque moment que ce soit, lorsqu'on voit officiellement précisé un rendement en nicotine et goudrons, cela implique que la marque de cigarettes en question a été analysée selon ce standard.

L'origine du standard 35 ml en 2 secondes toutes les minutes n'est en général pas connue. Bien qu'ayant exploré les limitations des tests standards réalisés avec la machine à fumer, je n'ai pas tenté de la découvrir (13,14, 19, 21). On a estimé que le comportement du fumeur moyen pouvait fournir la base de ce standard qui, en tout état de cause, dérive de la façon dont on fumait les cigarettes plus fortes, plus courtes et moins dotées de filtres d'il y a 20 à 30 ans.

Le standard semble être né dans le laboratoire de BRADFORD de l'American Tobacco Company,(ATC), Richmond, Virginia, dans les années 30 (2). A cette époque, ATC dominait la fabrication des cigarettes aux U.S.A. (25). BRADFORD proposa de créer une méthode standardisée utilisant une machine à fumer "dans l'intérêt de l'économie et de la recherche et de l'harmonie entre les chercheurs."

Dans un livre publié pour la promotion d'une marque d'ATC à la Foire Mondiale de NEW YORK de 1939, FLANNAGAN décrit une visite des Laboratoires d'analyses d'ATC. L'auteur semble avoir vu en action l'appareillage de BRADFORD. "Fasciné, dit-il, j'appris bientôt (de ses guides) certains faits intéressants sur la manière de fumer. La bouffée moyenne, par exemple, contient 35 ml de fumée, et la fumée se déplace dans la cigarette à la vitesse de 17 ml/seconde, l'intervalle normal entre deux bouffées étant de 60 secondes... Tous ces phénomènes humains et autres sont fidèlement reproduits par la machine" (5) .

En étudiant l'article original de BRADFORD, on trouve que la base empirique pour ces valeurs "moyennes" et "normales" du comportement de fumer reposent sur un travail de PFYL (26). Chez 7 sujets, PFYL avait trouvé que les bouffées avaient un volume allant de 29 à 61 ml, en moyenne 42,3 ml, avec un écart-type de 10,4 ml. (Bien que communément décrits comme "volume de bouffée", les valeurs de PFYL correspondent en fait à l'entrée d'air dans la cigarette au cours d'une bouffée). En 1957, SCHUR et RICKARDS (28) trouvèrent qu'une entrée de 35 ml équivalait à un volume de 42 ml de la phase gazeuse de la fumée, c'est-à-dire ce que mesure une machine à fumer moderne, soit une différence de 20%. PFYL régla sa machine à fumer pour qu'elle aspire une bouffée de 40 ml en 2 secondes deux fois par minute. L'équipe de BRADFORD, estimant que les fumeurs de PFYL avaient probablement fumé plus vigoureusement que normalement du fait de la présence de l'appareillage terminent l'article en déclarant avoir eux-mêmes ARBITRAIREMENT sélectionné une vitesse de 35 ml en 2 secondes toutes les minutes. Auparavant, dans leur article, les auteurs donnent les critères

justifiant leur sélection des réglages de leur machine: 1. Une bouffée ne doit pas être supérieure à la capacité de la bouche, mais doit être suffisamment importante pour produire un flux généreux de fumée. 2. L'intervalle des bouffées doit être suffisant pour que le tabac revienne à son état de combustion libre. 3. La bouffée ne doit pas être ni trop rapide, ni trop lente. . .

Pour ceux qui s'intéressent au comportement du fumeur, l'essai standard n'a pas les bases objectives et empiriques qu'on lui suppose. Les tests standards de mesure du rendement en goudrons et nicotine sont nés dans le laboratoire scientifique du besoin de quantifier avec précision la fumée de cigarette. BRADFORD (2) et ses Collègues en tabacologie ne doivent pas être mis à l'index pour avoir élaboré un procédé leur permettant de faire face à leurs besoins personnels spécifiques. Il est depuis longtemps clair que le rendement en fumée dépend de la manière exacte dont une cigarette est brûlée. Pour faire de la recherche analytique sur la fumée de cigarette, il était nécessaire d'adopter un procédé standard universellement accepté pour que les conditions puissent être reproductibles de laboratoire à laboratoire et d'expérience en expérience. L'idée alors n'était pas d'obtenir un modèle du comportement moyen du fumeur: humain, mais plutôt standardiser de manière fixe et reproductible la façon de brûler les cigarettes pour pouvoir étudier leurs propriétés physiques et chimiques (30). Il faut noter que la méthode standard a été élaborée initialement pour comparer des cigarettes tout à fait similaires fumées exactement de la même façon. Entre les années 30 et 50, la plupart des cigarettes avaient 70 mm de long. Mais le marché moderne a oublié ses anciens succès de vente et l'on trouve surtout des cigarettes à filtres ventilés et non ventilés, qui font 80 mm en boîtes, 85 mm en paquets, voire 100 et 120 mm. Lorsque ont été établis les tests standards, on ne se préoccupait guère des conséquences complexes des différentes façons de fumer, de la pharmacologie et de la toxicologie comportementales du tabagisme, pas plus que de la recherche de la réduction du risque. L'activité sur tabac et santé n'avait pas le prestige et l'influence qu'elle a de nos jours.

COMPORTEMENT MOYEN DU FUMEUR ET RENDEMENTS STANDARDS

Les articles sur les tests réalisés avec la machine à fumer avant 1960 montrent que l'on n'a fait que peu de tentatives pour mesurer la valeur moyenne des bouffées sur des échantillons représentatifs des fumeurs. Les mesures ont surtout été faites sur des échantillons "commodes" (28).

Nous ne ferons pas une revue détaillée des mesures du comportement du fumeur. MOODY en 1980 (24) fait une brève revue des constatations antérieures et son étude personnelle utilise l'échantillon de fumeurs le plus important (517 patients adultes). Dans son laboratoire, il a trouvé une durée moyenne de bouffées de 2,12 secondes ($\pm 0,88$), un volume de 43,5 ml ($\pm 29,9$) et un intervalle inter-bouffées de 25,8 secondes ($\pm 17,1$). On peut estimer à partir de ce travail que la bouffée standard est de 20% plus faible, 6% plus rapide, 133% moins fréquente que celle du fumeur moyen dans le laboratoire. Bien entendu, comme BRADFORD l'avait noté, l'étude en laboratoire semble pousser à une consommation plus intense que dans les conditions plus naturelles (27). Il y a probablement chez le fumeur des situations psychologiques distinctes pour fumer. Par exemple, les fumeurs masculins pauvres et âgés fument de façon plus intense leurs cigarettes que les jeunes hommes riches. Même si l'on pouvait avoir une appréciation valable ou précise du comportement moyen, il ne semble pas qu'on puisse lui accorder une confiance suffisante et lui supposer une précision telle qu'on puisse donner à beaucoup de fumeurs une information valable sur la façon personnelle dont ils extraient les goudrons et nicotine d'une marque de cigarettes donnée. Le fumeur moyen idéal sera toujours une référence inadéquate pour le fumeur individuel. Une valeur moyenne n'est parlante quant au comportement de la population que lorsque les valeurs individuelles sont groupées à proximité de la moyenne. Avec MOODY, on peut estimer que 68% des fumeurs ont des volumes de bouffées entre 21,6 et 65,4 ml, mais que les coefficients de variation sont importants : 41,5% pour la durée des bouffées, 50,3% pour leur volume, 66,2% pour leur . intervalle. La variabilité du comportement du fumeur est suffisamment grande pour que les rendements standards ne puissent en eux-mêmes donner une bonne indication des rendements effectifs obtenus par les fumeurs individuels (8). Une valeur moyenne valable du rendement en nicotine et goudrons peut cependant être utile pour les études épidémiologiques sur les relations entre dose et pathologie induite dans de grands échantillons de fumeurs.

AUTRES PROBLEMES AVEC LA MACHINE A FUMER STANDARD

Pour comprendre les insuffisances des mesures standards de goudrons et de nicotine, il est utile de savoir comment ont été conçues les cigarettes à faible rendement. On découvre que le standard a élevé des barrières que les nouveaux types de cigarettes ont cherché à contourner. Dans l'ensemble, les rendements standards en goudrons et nicotine sont modifiés de deux manières seulement. Les cigarettes sont conçues a) soit pour brûler plus vite et de ce fait donner moins de bouffées pendant la minute du standard b) soit pour fournir une bouffée moins riche en fumée... Le tableau 1 résume les techniques de fabrication habituellement utilisées pour réduire le rendement standard en goudrons et nicotine.

La procédure standard ne spécifie pas le nombre de bouffées qui doivent être prises sur une cigarette mais uniquement la fréquence des bouffées. Accélérer la vitesse de combustion du tabac semble avoir été la stratégie majeure pour réduire les rendements entre 1967 et 1975 (19). En diminuant simplement d'une unité le nombre de bouffées tirées d'une cigarette à 20 mg de goudrons, le rendement peut être abaissé de 2 à 3 mg.

Les fabricants de tabac eux-mêmes ont fait valoir que les tests FTC concernant la cigarette devraient systématiquement rendre compte des variations de nombre de bouffées d'une marque à l'autre: " le fait que ne soient pas données à la fois une moyenne par bouffée et une moyenne par cigarette est susceptible de créer un biais et d'avoir sur la concurrence des effets pervers injustifiés" (1,11). Considérant qu'une procédure standard recueille 6,9 bouffées d'une cigarette-filtre king-size (85mm) et 11,5 bouffées d'une autre cigarette de même type (une différence de 66,6%)(10), il est regrettable que les compagnies tabagières n'en avertissent pas le public. Avec les cigarettes de 120 mm, le nombre de bouffées qu'en tire la machine va de 6,9 à 16,3 (une différence de 136%)(10). Ceci signifie qu'un fumeur d'un paquet par jour de cigarettes à 16,3 bouffées à raison d'une bouffée par minute aspirerait 136% de bouffées de plus que celui fumant les cigarettes à 6,9 bouffées, bien qu'ils soient en fait tous deux classés fumeurs d'un paquet par jour.

REDUCTION DU RENDEMENT STANDARD EN GOUDRONS ET NICOTINE (Tableau 1)

A. REDUCTION DU NOMBRE DE BOUFFEES PAR CIGARETTE PAR :

1. Diminution de longueur de la colonne de tabac.
 - a) Emballage plus long.
 - b) Filtre plus long.
2. Augmentation de la vitesse de combustion.
 - a) Additifs chimiques.
 - b) Papier plus poreux.
 - c) Moins de tabac (densité).

B. REDUCTION DE LA CONCENTRATION PAR BOUFFEE :

1. Augmentation de l'efficacité des filtres.
 - a) Filtres ventilés.
 - b) Filtres plus longs.
 - c) Filtres plus denses.
2. Augmentation de la porosité du papier de cigarette.
3. Diminution de densité de la feuille de tabac par :
 - a) Reconstitution de la feuille de tabac.
 - b) Tabac expansé.
 - c) Arômes et additifs.
4. Utilisation de souches de tabac à faible rendement.

LE PROBLEME COMPORTEMENTAL DE L'OBTURATION DES EVENTS.

Sans aucun doute, les réductions de rendement les plus marqués des cigarettes récentes sont dues aux effets de la ventilation des filtres. La cigarette ultra-légère moderne (<6 mg de goudrons) est une cigarette à filtre ventilé. Avec une cigarette à 1 mg de goudron, un filtre ventilé peut diluer à 80% environ chaque bouffée avec de l'air ambiant (15). De plus, ils permettent toutes les possibilités traditionnelles de compensation (c'est-à-dire de cigarettes, bouffées plus importantes et plus fréquentes), car les trous d'aération des cigarettes à filtre ventilé peuvent être obturés par les lèvres ou les doigts du fumeur (17). Environ 40% de fumeurs de longue date de cigarettes ventilées obturent les événements de façon appréciable (21). Le Tableau 2 montre de quelle façon considérable l'obturation des orifices de ventilation, couplée avec des bouffées plus importantes et plus fréquentes, peut augmenter les rendements en goudrons, nicotine et oxyde de carbone de cigarettes sélectionnées comme les plus légères dans 3 pays. Alors que les fumeurs sont libres d'obturer les trous d'aération, les règles concernant la machine à fumer spécifient de façon rigide la longueur de filtre qui doit être insérée dans la machine: les événements ne peuvent pas être obturés par le "fumeur mécanique" au cours d'un tests standard.

TABLEAU 2

EFFETS D'UNE COMBUSTION INTENSIVE SUR LES RENDEMENTS LES PLUS BAS

PAYS	TEST STANDARD			TEST INTENSIF		
	Goudrons	Nicotine	CO	Goudrons	Nicotine	CO
U.K.	1	0,1	1	29	2,2	21
CANADA	1	0,1	2	15	1,1	24
U.S.	1	0,1	2	12	0,8	18

La procédure intensive comportait une bouffée de 47 ml en 2,4 secondes toutes les 44 secondes. Toutes les valeurs sont en mg.

AU DELA DU TEST STANDARD

Les valeurs des paramètres des tests standard proviennent d'une "méthode commode" artificielle et non satisfaisante. Les étalonnages standards offrent plus au spécialiste en tabac qu'au comportementaliste, qui les prend pourtant souvent comme référence formelle, comme s'ils pouvaient prédire parfaitement le rendement effectif que peut obtenir un fumeur individuel d'une cigarette donnée (7).

Armée de standards raisonnables, la science du tabac a été amenée au cours des années à conserver ce réglage de bouffées de 35 ml en 2 secondes une fois par minute. Toucher à ce standard, a-t-on dit, interromprait la continuité et la comparabilité historique dans la plupart des domaines de la science du tabac. En dépit de la faiblesse de tels arguments, il semblerait plus réaliste de proposer qu'une méthode améliorée soit proposée parallèlement au sacro-saint standard, plutôt que de pousser à l'abandon pur et simple du standard. Le mégot d'une cigarette à filtre occupe une position privilégiée pour nous donner des informations sur le rendement en goudrons et en nicotine de cette cigarette en particulier. Le "rendement", ici, reflète essentiellement le courant principal de fumée, autrement dit la fumée aspirée au travers du filtre lors d'une bouffée.

L'étude des rendements en goudrons et nicotine ne doit pas être confondue avec l'étude de l'imprégnation de l'organisme du fumeur par la nicotine et les goudrons. L'exposition tissulaire, en certains points critiques, dépend de myriades de facteurs (inhalation, taux d'enzymes métabolisant les composants de la fumée...), et il n'est pas réaliste de s'attendre à ce qu'une mesure quelconque de la quantité de fumée aspirée par l'extrémité d'une cigarette puisse représenter autre chose qu'un indicateur grossier de l'exposition pharmacologique ou toxicologique.

ESTIMATION DES RENDEMENTS EFFECTIFS PAR MOYENS PHYSIQUES

La suite de cet exposé est consacrée à ce que l'on peut apprendre des traces laissées par la fumée sur les filtres. Même un néophyte peut lire ces traces et avoir une idée du rendement effectif. Armé d'un appareil photographique, ou équipé pour l'analyse chimique, on pourrait obtenir des mesures plus objectives, quoique de portée modeste, de ce qui sort de l'extrémité fumeur d'une cigarette. Les filtres peuvent donner des informations utiles sur la manière dont a été fumée une cigarette, et leur étude physique peut aider à estimer le rendement effectif en nicotine et goudrons. Les mesures qui en résultent sont des indicateurs approximatifs du comportement du fumeur et des rendements, difficiles à estimer d'une façon plus pratique et plus économique. L'analyse des filtres peut donner une indication sommaire de la manière dont ont été prises les bouffées, mais elle ne dit rien sur l'utilisation de la fumée une fois aspirée. 40% environ des fumeurs qui bloquent les orifices d'aération des filtres ne sont pas conscients de ce comportement (21). Les autres semblent penser qu'ils le font dans le but essentiel d'avoir une cigarette plus facile à allumer et plus riche en arôme. Ces fumeurs (et beaucoup de chercheurs également) étaient ignorants des effets puissants de ce comportement sur le rendement en goudrons, nicotine et oxyde de carbone (Tableau 2). La plupart des filtres ventilés ont des orifices d'aération qui distribuent l'air de dilution directement dans le filtre d'acétate de cellulose. Dans ce type de cigarettes, quand les événements sont bloqués, les traces de goudron donnent à l'extrémité du filtre une coloration en cocarde, avec une tache centrale entourée d'un anneau immaculé. Si les événements sont bouchés, la tache de goudron s'étend jusqu'au bord du filtre et, à l'extrême, donne une coloration uniforme au bout du filtre. Si les doigts bouchent le même groupe de trous opposés lors de chaque bouffée, la tache formera une bande entre les trous obturés. Si l'obturation ne survient que pour quelques bouffées, on observera plus volontiers une tache de goudron quelque peu irrégulière, avec une zone centrale plus sombre. Parfois, des traces de rouge à lèvres au niveau des trous sont la preuve physique de la réalité de leur obturation. La photographie des mégots peut aider à la cotation des taches. Jusqu'ici c'est la seule façon d'arriver à les classer en trois catégories : 1. Trous complètement obturés. 2. Trous libres. 3. Trous bouchés partiellement ou épisodiquement. La distinction entre la première et la deuxième catégorie est la plus sûre; les doigts, reculant devant l'avance du foyer de combustion, peuvent obturer des trous lors des dernières bouffées, ce qui peut donner au filtre un aspect intermédiaire (23). Pour une quantification plus précise, il faudra attendre le développement de méthodes d'analyse et de cotation de photographies soigneusement contrôlées. (Figure 1)

La connaissance du phénomène d'obturation des trous peut informer fumeurs et chercheurs du mauvais usage insigne qui est fait d'une cigarette " légère" . Si les trous n'ont pas été bouchés, cela ne signifie pas pour autant que la cigarette n'ait pas été fumée de façon excessive d'une manière plus traditionnelle. Une brochure a été réalisée expliquant aux consommateurs la complexité des risques que l'on peut rencontrer lorsqu'on passe aux cigarettes légères (16).

UTILISATION DE L'INTENSITÉ DES TACHES POUR L'APPRÉCIATION DES RENDEMENTS

Pour estimer "l'exposition au niveau de la bouche" ou les rendements, on a dosé la nicotine dans les filtres après usage (6,12). Ces estimations reposent sur l'hypothèse que les filtres ont une efficacité constante. En gros, l'efficacité d'un filtre est le pourcentage qu'il retient d'un composant de la fumée qui le traverse. Connaissant l'efficacité du filtre et la quantité de nicotine (ou d'un autre composant) retenue dans le filtre, on peut calculer la quantité de nicotine qui a échappé au filtre. Malheureusement, l'efficacité du filtre peut être modifiée, en particulier lorsque la vitesse des bouffées change (4). Plus la bouffée est aspirée rapidement, moins efficace est le filtre. (Noter que MOODY a utilisé dans son étude une vitesse d'aspiration de 20,5 ml/seconde, alors que le test standard donne une vitesse de 17,5 ml/seconde, soit une différence de 17%). Comme le fait de boucher les événements augmente la vitesse de passage de la fumée au travers du filtre et en diminue de ce fait l'efficacité, les signes prouvant que les trous ont été bouchés doivent faire rejeter un mégot lorsqu'on cherche à estimer un rendement par cette méthode.

Une technique de comparaison de coloration (échelle CMT) a été mise au point, basée sur les mêmes principes que l'estimation de "l'exposition au niveau de la bouche" à partir du dosage de la

nicotine dans les mégots. Cette échelle suppose également que l'efficacité du filtre soit constante. Du fait de cette limitation intrinsèque, on devra se contenter d'estimations grossières. Les taches de goudron sont visibles et l'intensité de la coloration augmente parallèlement à la richesse en goudron.

J'ai proposé (14) d'utiliser les différences visibles d'intensité des taches pour estimer ce qu'un fumeur avait aspiré d'une cigarette donnée, et ai montré qu'on pouvait dire sans se tromper que le filtre d'une cigarette était plus sombre s'il en avait été tiré 12 plutôt que 6 bouffées. Une discrimination plus fine peut être obtenue en comparant les mégots à une échelle colorimétrique de papiers de couleur.

L'échelle colorimétrique a été créée en comparant des filtres de cigarettes fumées de façon spéciale avec des papiers colorés PANTONE, de Letraset. Trois mégots prototypes ont été préparés à partir de cigarettes fumées légèrement (bouffées de 25 ml en 2 secondes toutes les 120 secondes), selon le standard, ou de manière intensive (45 ml en 2 secondes toutes les 20 secondes). Une cigarette-filtre parmi les plus courantes (rendement standard: 0,9 mg de nicotine, 16 mg de goudrons, en 10 bouffées environ) a été utilisée chaque fois. Les correspondances optimales, quoique non parfaites, ont été respectivement un jaune pâle (Pantone 127 U), un brun verdâtre (Pantone 117U) et un brun (Pantone 139U). Les colorations "légères" , "standard" et "intenses" ont été montrées aux points 2, 5 et 8 d'une échelle de 0 à 10 (20).

Pour obtenir les filtres à tester, on a fait tirer 5 à 16 bouffées standard de cigarettes de la même marque. Cette manipulation des bouffées était destinée à produire une variation substantielle mais raisonnable du rendement en goudrons. La différence de rendement entre 5 et 16 bouffées a été estimée à 18 mg de goudrons et 1 mg de nicotine. Onze adultes donnèrent à chaque filtre une note sur l'échelle colorimétrique. Le Tableau 3 résume les résultats (les données ont été quelque peu lissées en faisant la moyenne des scores entre sujets et entre paires adjacentes de nombres de bouffées). Les testeurs ont été parfaitement capables de réaliser une cotation valable (régression linéaire: y (bouffées) = $3,1 \times$ (cotation) - 6; corrélation: $r = 0,996$). Les coefficients de corrélation entre le nombre de bouffées et le score colorimétrique ont été pour les participants individuels de 0,99, 0,98, 0,97, 0,96 (N = 4), 0,90, 0,83, 0,82 (p bilatéral < 0,05) et 0,73 (p < 0,10).

TABLEAU 3

EFFET DU NOMBRE DE BOUFFEES SUR LE SCORE COLORIMETRIQUE

	NOMBRE DE BOUFFEES STANDARD					
	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16
SCORE MOYEN	3,6	4,5	4,9	5,5	6,2	6,9
Ecart-type	1,0	1,0	0,8	1,0	0,8	0,7

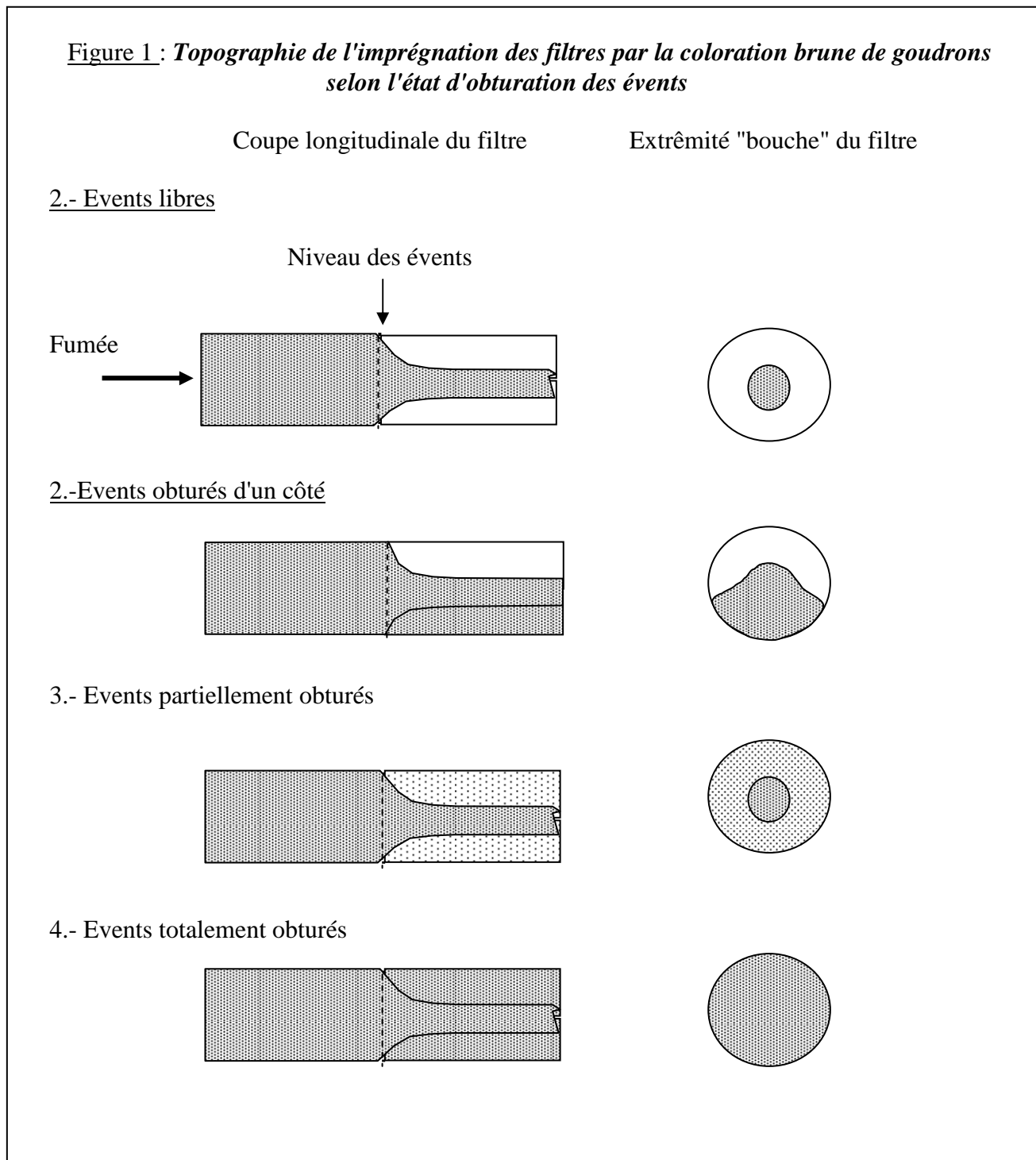
On peut espérer que le développement du système de l'échelle colorimétrique fournisse au fumeur un compteur de vitesse et un odomètre pour l'aider à contrôler son rendement personnel en goudrons et nicotine. L'échelle peut être combinée avec des informations sur la fourchette des rendements possibles à attendre d'une marque donnée, lui donnant dans le même temps un moyen de tester s'il tombe dans cette fourchette.

Puisque cette échelle est basée sur un système de comparaison de teintes, celui-ci pourrait être incorporé à l'emballage des cigarettes, aux boîtes d'allumettes ou à des brochures à venir sur les rendements en nicotine et goudrons. En dehors du fait que cela donnerait au consommateur une idée sur les rendements effectifs, il pourrait y avoir bénéfice supplémentaire si cela permettait d'éviter que les rendements soient présentés sous forme d'une seule valeur numérique par marque. La présentation colorimétrique illustre graphiquement que les rendements effectifs dépendent de la façon de fumer.

COMMENTAIRE FINAL

Pour qui est intéressé par le comportement de l'homme fumeur, les tests standards utilisant la machine à fumer sont si inadaptés qu'il est facile de proposer des améliorations. Il n'est pas facile cependant de savoir dans quelle mesure elles sont capables d'aider réellement fumeurs et chercheurs. A long terme, il est encore plus difficile de savoir comment ces nouvelles barrières pourront être contournées par les changements à venir dans la fabrication des cigarettes ou l'utilisation de la machine à fumer.

Figure 1 : *Topographie de l'imprégnation des filtres par la coloration brune de goudrons selon l'état d'obturation des événements*



BIBLIOGRAPHIE

1. AMERICAN TOBACCO COMPANY, BROWN & WILLIAMSON TOBACCO CORPORATION, LIGGET & MYERS TOBACCO COMPANY, PHILIP MORRIS INCORPORATED and R.J. REYNOLDS COMPANY: Cigarettes and related matters : methods to be employed in determining tar and nicotine content, supplementary observations following November 30, 1966 Hearing before the Federal Trade Commission, December 20, 1966.
- 2.-BRADFORD J.A., HARLAN W.R., HANMER H.R. : Nature of cigarette smoke, Technic of experimental smoking. J. INDUSTR. ENGIN CHEM., 1936, 28, 836-839.
3. CORESTA STANDARD METHOD N°10 : Machine smoking of cigarettes and determination of crude and dry smoke condensate. CORESTA INFORMATION BULLETIN, 1969, 1, 24-33.
4. CREIGHTON D.E., LEWIS P.H. : The effect of smoking patterns on smoke deliveries. In Thornton R.E. ed., SMOKING BEHAVIOR, PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL INFLUENCES. NEW YORK : Churchill Livingstone, 1978, p.301-314.
5. FLANNAGAN R.C.: The story of Lucky Strike. NEW YORK : New York World's Fair, 1938, 94p.
6. FORBES W.F., ROBINSON J.C., HANLEY J.A. and COLBURN H.N. : Studies on the nicotine exposure of individual smokers. I. Changes in mouth level exposure to nicotine on switching to lower nicotine cigarettes. INT. J. ADDICT., 1976, 11, (6), 933-950.
7. FOX R.M., BROWN R.A. : Nicotine fading and self-monitoring for cigarette abstinence or controlled smoking. J. APPLIED BEHAV. ANALYSIS, 1979, 12, 111-125.
8. GREEN S.J. : Ranking cigarette brands on smoke deliveries. In Thornton R.E. ed. SMOKING BEHAVIOR, PHYSIOLOGICAL AND PSYCHOLOGICAL INFLUENCES. NEW YORK: Churchill Livingstone, 1978, 380-388.
9. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. TOBACCO and TOBACCO PRODUCTS - Routine analytical cigarette-smoking machine - definitions, standard conditions and auxiliary equipment. INTERNATIONAL STANDARD, 1977, 3308, 1-8.
10. JENKINS R.A., QUINCY R.B., GUERIN M.R. Selected constituents in the smokes of U.S. commercial cigarettes: "tar" , nicotine, carbon monoxide and carbon dioxide . OAKRIDGE NATIONAL LABORATORY , Department of Energy Report n° ORNL/TM/6870. SPRINGFIELD,Va: NATIONAL TECHNICAL INFORMATION SERVICE, 1979
11. KEITH C.H., NEWSOME J.R. : Quantitative studies on cigarette smoke. III.Methods of analysis for filter cigarettes. TOB. SCI., 1958, 2, 14-19.
12. KOZLOWSKI L.T. : Effects of caffeine consumption on nicotine consumption. PSYCHOPHARMACOL., 1976, 47, 165-168.
13. KOZLOWSKI L.T. : Tar and nicotine delivery of cigarettes: What a difference a puff makes. J.A.M.A., 1981a, 245, 158-159.
14. KOZLOWSKI L.T.: Application of some physical indicators of cigarette smoking. ADDICT. BEHAV., 1981b, 6, 213-219.
15. KOZLOWSKI L.T. : Smokers, non-smokers and low tar smoke. THE LANCET, 1981, I, 508.

16. KOZLOWSKI L.T. : Tar and nicotine ratings may be hazardous to your health. TORONTO: ADDICTION RESEARCH FOUNDATION, 1982, 6 p.
17. KOZLOWSKI L.T. : Perceiving the risks of low-yield ventilated-filter cigarettes : The problem of hole-blocking. In: COVELLO-V., FLAMM W.G., RODERICKS J. and TARDIFF R. eds. : PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL WORKSHOP ON THE ANALYSIS OF ACTUAL vs. PERCEIVED RISKS. NEW YORK Plenum, in press, 1983.
18. KOZLOWSKI L.T., FRECKER R.C., KHOUW V., POPE M.A. : The misuse of "less-hazardous" cigarettes and its detection : hole- blocking of ventilated filters. AM. J. PUBLIC HEALTH, 1980a, 70, 1202-1203.
19. KOZLOWSKI L.T., ROCKERT W., ROBINSON J., GRUNBERG N. : Have tar and nicotine yields of cigarettes changed ? SCIENCE, 1980b, 209, 1550-1551.
20. KOZLOWSKI L.T., RICKERT W.S., POPE M.A., ROBINSON J.C. : A color-matching technique for monitoring tar/nicotine yields to smokers. AM. J. PUBLIC HEALTH, 1982a, 72, 597-599.
21. KOZLOWSKI L.T., RICKERT W.S., POPE M.A., ROBINSON J.C., FRECKER R.C.: Estimating the yields to smokers of tar, nicotine and carbon monoxide from the "lowest-yield" ventilated-filter cigarettes . BR. J. ADDICT., 1982b, 77, 159-165.
22. KOZLOWSKI L.T., FRECKER R.C., LEI H. : Nicotine yields of cigarettes, plasma nicotine in smokers and public health. PREVENT. MED., 1982c, 11, 240-244.
23. LOMBARDO T., DAVIS C.J., PRUE D.M. : When low tar cigarettes yield high tar : cigarette filter ventilation hole-blocking and its detection. ADDICT. BEHAV., 1983, 8 : 67-69.
24. MOODY P.M. : The relationship of quantified human smoking behavior and demographic variables. SOC. SCI. MED., 1980, 14A, 49-54.
25. OVERTON J. : Diversification and international expansion : The future of the american tobacco manufacturing industry with corporate profiles on the "Big Six" . In: FINGER W.R. ed. : The TOBACCO INDUSTRY IN TRANSITION; policies for the 1980s. LEXINGTON, Mass. Lexington Books, 1981.
26. PFYL B. : Zur bestimmung des nicotins in tabakrauch. H. Normung des kunslichen verauchens der tabakerzeugnisse. ZEITSCHRIFT FUR UNTERSUCHUNG DER LEBENSMITTEL, 1933, 66, 501-510.
27. RUSSELL M.A.H., SUTTON S.R., IYER R. FEYERABEND C., VESEY C.J.: Long-term switching to low tar low-nicotine cigarettes. BR. J. ADDICT., 1982, 77, 145-158.
28. SCHUR M.O., RICKARDS J.C. : Design and operation of a multiple cigarette smoking machine. TOB. SCI., 1957, 1, 13-20.
29. PUBLIC HEALTH SERVICE. SMOKING AND HEALTH, REPORT OF THE ADVISORY COMMITTEE TO THE SURGEON GENERAL OF THE PUBLIC HEALTH SERVICE. Department of Health, Education and Welfare. PUBLIC HEALTH SERVICE , WASHINGTON D . C . : PUBLIC HEALTH SERVICE PUBLICATION NUMBER 1103, 1964.
30. WYNDER E . L . , HOFFMANN D. : , Tobacco and Tobacco smoke. Studies in experimental carcinogenesis. NEW YORD, Academic Press, 1967, 730p.