

- Le développement des tumeurs en relation avec l'âge et le sexe chez la souris. *J. suisse Méd.* 74e année, no 32, 873 (1944).
- [19] *a-b Wynder E. L., E. A. Graham et A. B. Croninger*: I. Experimental production of carcinoma with cigarette tar. *Cancer Res.* 13, 855 (1953). Id. II. Tests with different mouse strains. *Ibid.* 15, 445 (1955).
- [20] *a-b Graham E. A., A. B. Croninger et E. L. Wynder*: Id. III. Occurrence of Cancer after prolonged latent period following application of tar. *Cancer* 10, 431 (1957).
IV. Successful experiments with rabbits. *Cancer Res.* 17, 1058 (1957).
- [21] *Croninger A. B., E. A. Graham et E. L. Wynder*: Id. V. Carcinoma induction in mice with cigar, pipe and all-tobacco cigarette tar. *Cancer Res.* 18, 1263 (1958).
- [22] *Wynder E. L. et G. Wright*: A study of tobacco carcinogenesis. I. The primary fractions. *Cancer* 10, 255 (1957).
- [23] *Wynder E. L., P. Kopf et H. Ziegler*: Id. II. Dose response studies. *Ibid.* 10, 1193 (1957).
- [24] *Wynder E. L. et J. Mann*: Id. III. Filtered Cigarettes *Ibid.* 10, 1201 (1957).
- [25] *Wynder E. L., S. Gottlieb et G. Wright*: Id. IV. Different tobacco types. *Ibid.* 10, 1206 (1957).
- [26] *a-b Wynder E. L., G. Wright et J. Lam*: Id. V. The role of pyrolysis. *Ibid.* 11, 1140 (1958).
VI. The role of precursors. *Ibid.* 12, 1073 (1959).
- [27] *Wynder E. L. et D. Hoffmann*: Id. VII. The role of higher polycyclic hydrocarbons. *Ibid.* 12, 1079 (1959).
- [28] *Nicod J. L.*: Sur la toxicité aiguë et à long terme du goudron total de la fumée du tabac. *Rev. suisse Méd. préventive* numéro 6 (1961).
- [29] *Bonnet J.*: Rôle et efficacité des filtres à cigarettes. *Rev. suisse Méd. préventive* numéro 6 (1961).
- [30] *Campbell J. M. et A. J. Lindsey*: Polycyclic hydrocarbons extracted from tobacco: the effect upon total quantities found in smoking. *Brit. J. Cancer* 10, 649 (1956).
- [31] *Bonnet J. et S. Neukomm*: New investigations on carcinogenic substances in tobacco smoke. *Oncologia* 12, 80 (1959).
- [32] *Mouyon J. C., J. Bonnet et S. Neukomm*: Extraction of tobacco by some organic solvents and consequences on chemical composition of the smoke. *Oncologia* 13, 271 (1960.)
- [33] *Matthey E.*: Efficacité du traitement préalable du tabac par un solvant organique du point de vue de la réduction des substances toxiques dans la fumée. *Rev. suisse Méd. préventive* numéro 6 (1961).

Laboratoire cantonal du contrôle des denrées alimentaires, Lausanne
(*Dir.*: *Dr E. Matthey*, chimiste cantonal, chargé de cours à l'Université)

Efficacité du traitement préalable du tabac par un solvant organique, du point de vue de la réduction des substances toxiques dans la fumée

par *E. Matthey*

Depuis que la présence de substances cancérogènes et co-cancérogènes a été démontrée dans la fumée de tabac, et que l'action physiologique spécifique de certaines d'entre elles a été mise en évidence, divers moyens ont été proposés pour essayer d'abaisser dans une mesure sensible et efficace la teneur de ces produits dans la fumée inhalée par l'amateur de cigares, de cigarettes ou de pipe.

On a proposé des filtres dont le « rendement » est variable selon la composition et la texture.

Dans ce numéro, *Bonnet* étudie quelques aspects de ce problème.

Une autre possibilité consiste à dissoudre par extraction avec un solvant adéquat, des substances naturelles du tabac, qui lors de la combustion pourraient donner naissance à des produits physiologiquement nocifs. On se rend compte d'emblée de la difficulté et des conditions apparemment contradictoires à réaliser.

Sans être absolument sélectif, le solvant employé doit extraire suffisamment de substances afin que le procédé devienne efficace. D'autre part, il ne doit pas modifier profondément la composition du tabac, au risque de lui enlever les substances qui, précisément, concourent toutes à des degrés divers, à procurer au fumeur la sensation et le « fondu » de l'arôme et du goût qu'il recherche.

Le présent travail ne veut pas poursuivre d'autre but que de relater les résultats obtenus par des analyses chimiques comparatives, sur la fumée de tabac traité ou non par du tétrachlorure de carbone dans des conditions bien précises.

La confrontation entre tabac traité et tabac non traité a été étendue aux quatre sortes de tabac les plus couramment employées sur le marché, pour la fabrication de cigarettes.

Conditions de la pré-extraction du tabac

Appareillage

Tonneau de 200 l.; un panier en treillis fort, recouvert à l'intérieur d'un treillis fin; un palan permettant de laver le panier; solvant: tétrachlorure de carbone, qualité technique.

Méthode d'extraction

Pour chaque type de tabac, 50 kg ont été extraits. 25 kg de tabac coupé à 15-18% d'humidité sont placés dans le panier. Le panier est descendu dans le tonneau, on y verse du CCl_4 jusqu'au niveau du tabac. Durant 25 minutes, on lève et abaisse le panier de 30 à 40 cm, afin de créer une circulation de solvant dans le tabac. On lève alors le panier hors du solvant, on laisse égoutter cinq minutes, puis on rince par aspersion, depuis le haut, la masse de tabac à raison de 1 litre de solvant par kg de tabac.

Le tabac, complètement égoutté, est étendu en faible épaisseur (15-20 cm) 24 h. au moins, puis humidifié à 20% environ, remis en fût pour être retourné à la fabrique où sont confectionnées les cigarettes.

Comme principe général, il s'agit d'une extraction à courte durée; elle se différencie en ce sens des extractions de nicotine qui exigent un temps nettement plus long et une humidité de tabac plus élevée.

D'après *Mouron, Bonnet et Neukomm* (*Oncologia* 1960, 13, 271), on ne peut pas utiliser n'importe quel solvant pour une extraction de courte durée. L'alcool éthylique et les solvants chlorés conviennent bien; par contre, l'éther de pétrole ou le benzène n'ont que peu d'action dans ces conditions; l'extraction doit être menée plus longtemps. *Campbell et Lindsey* (*Brit. J. Cancer*, 10, 648, 1956) ont obtenu une diminution de 55% de 3,4-benzopyrène par une extraction à reflux au moyen de cyclohexane.

La pré-extraction du tabac ne permettra jamais d'éliminer la totalité du 3,4-benzopyrène dans la fumée de cigarette. En effet, les substances insolubles (cellulose, lignine, etc.) dans les conditions normales de combustion en produiront toujours; c'est la quantité minimum vers laquelle on peut tendre. D'après *Mouron, Bonnet et Neukomm* (*Bull. Soc. Vaud. Sc. nat.* 67, 447 (1961)), il apparaît que parmi les composés extractibles, certains produisent davantage d'hydrocarbures polycycliques que d'autres lors de la combustion. Ces composés sont rapidement solubilisés par l'alcool et les solvants chlorés.

L'efficacité du traitement ne peut être démontrée du point de vue chimique que par des analyses comparatives.

Quelles analyses?

La nicotine dans le tabac

La teneur en nicotine du tabac vient immédiatement à l'esprit. Elle ne peut cependant être probante du fait que la nicotine n'y est pas intégralement à l'état libre. Elle est partiellement combinée. L'extraction de courte durée au CCl_4 dépend de l'équilibre nicotine libre/nicotine combinée. Néanmoins, le dosage de la nicotine dans le tabac peut être intéressant, pour l'examen de cigarettes traitées et non traitées provenant d'un même lot initial. Il renseigne également sur les possibilités d'extraction de cet alcaloïde selon les sortes de tabacs examinés.

Il peut fournir des valeurs de recoupement. On ne le retiendra donc qu'à ce titre-là.

L'analyse de la fumée

Elle est autrement plus significative que l'analyse du tabac, parce qu'elle est directement inhalée par le fumeur.

Les déterminations suivantes permettent la confrontation désirée entre cigarettes homologues à tabac traité ou non au CCl_4 :

1. nicotine dans la fumée;
2. goudrons acides;

3. goudrons totaux;
4. hydrocarbures polycycliques;
5. hydrocarbures aliphatiques.

La nicotine dans la fumée

On tient pour acquis que, malgré sa volatilité et sa toxicité élevées, la nicotine ne représente plus à l'heure actuelle le constituant le plus dangereux de la fumée de tabac. Il est néanmoins intéressant de connaître l'incidence du traitement préalable du tabac au CCl_4 sur la teneur en nicotine de la fumée.

Les goudrons

Sous le terme de «goudrons» le chimiste trahit son ignorance de la composition de toute une série de produits présents dans la fumée de tabac, et qui migrent à la chromatographie sur alumine plus lentement que les hydrocarbures polycycliques, ce qui inciterait à penser qu'ils sont de poids moléculaires plus élevés qu'eux, ou sont des polymères élevés de produits plus simples.

L'ignorance de leur composition exacte n'a pas empêché d'en étudier l'action physiologique. On sait maintenant qu'ils peuvent être co-cancérogènes; *Neukomm* évoque cet aspect du problème dans le présent périodique. Aussi un dosage global de ces produits s'impose-t-il afin de connaître et de mesurer sommairement (sur ce point) l'efficacité du traitement au CCl_4 . On s'est attaché plus particulièrement à doser les «goudrons chloroformiques acides», limitant volontairement notre objectif à cette fraction. En effet, le dosage dans la fumée de la fraction extractible au chloroforme en milieu sulfurique donne des résultats reproductibles ainsi que l'a démontré *Staub* (*Mitt.* 48, 107, 1947). On est conscient du fait que ce dosage ne représente pas les «goudrons» de la fumée, dans leur totalité, mais la fidélité de la méthode permet de tirer des éléments objectifs de comparaison beaucoup mieux que les dosages de «goudrons totaux» proposés parfois dans la littérature, malgré toutes les précisions apportées dans la description des modes opératoires.

On ne retiendra la détermination des «goudrons totaux» qu'à titre accessoire pour des recoupements éventuels d'interprétation avec d'autres chiffres.

Les hydrocarbures polycycliques

La mise en évidence et le dosage des hydrocarbures polycycliques dans la fumée des cigarettes à tabac traité, comparativement aux chiffres obtenus dans les mêmes cigarettes à tabac non traité, représentent le critère déterminant d'appréciation de l'efficacité du traitement effectué.

L'action cancérigène plus ou moins intense de chacun d'entre eux, leurs proportions respectives dans la fumée de tabac, ont fait l'objet de suffisamment d'études pour nous permettre de ne pas justifier plus avant le choix de ce critère.

A notre connaissance, ce sont plus d'une vingtaine d'hydrocarbures polycycliques qui ont été identifiés dans la fumée de tabac (*Neukomm et Bonnet*, *Helv. Chim. Acta*, **39**, 1724 (1956); **40**, 113 (1957); **40**, 717 (1957), parmi lesquels l'anthracène et le pyrène se trouvent en plus grandes proportions. Le 3,4-benzopyrène y est présent en très petite quantité. Son action cancérigène intense le désigne cependant à notre attention.

Point n'est besoin de doser *tous* les hydrocarbures que l'on peut identifier au passage lors de leur séparation chromatographique par élution et examen spectrophotométrique subséquent, pour prouver l'efficacité du traitement au CCl_4 .

Dans le présent travail, nous avons retenu le dosage de l'anthracène, du pyrène et du 3,4-benzopyrène. Les deux premiers parce que, parmi les hydrocarbures polycycliques de la fumée ils sont en quantités relativement élevées (ce fait augmente la précision des dosages), et le dernier parce que son action cancérique est la plus intense (une diminution de ce composé rend le traitement particulièrement efficace).

Les hydrocarbures aliphatiques

On sait que les hydrocarbures aliphatiques se trouvent naturellement à la surface des feuilles de tabac.

Il y a tout lieu de supposer qu'un traitement au CCl_4 en élimine par dissolution une partie importante.

Par ailleurs, si les hydrocarbures aliphatiques sont, tels quels, réputés de très faibles cancérigènes (*Aubert*, thèse fac. méd. Lausanne, en préparation), une hypothèse non vérifiée, mais plausible, voudrait que – lors de la combustion du tabac – les paraffines donnent des produits de décomposition générateurs d'hydrocarbures polycycliques.

Enfin, le dosage des hydrocarbures aliphatiques permet de s'assurer si un tabac a été effectivement l'objet d'un traitement préalable par un solvant.

Travaux pratiques

Conditionnement

Afin d'assurer aux divers lots nécessaires aux examens envisagés une homogénéité suffisante, et indispensable à une comparaison objective des résultats obtenus, *tous* les prélèvements de cigarettes ont été préalablement humidifiés pendant 24 heures, dans une atmosphère titrant 60% d'humidité relative.

Cette technique est décrite par *Staub* (Mitt. 48, 107, 1957). Elle consiste à mettre les cigarettes sous cloche hermétique au-dessus d'une solution saturée de nitrate de calcium, à la température ordinaire. Cette opération assure aux cigarettes une teneur uniforme de 12% d'eau environ.

Echantillonnage

Il est admis que, quelles que soient la minutie et la précision apportées à la fabrication des cigarettes, celles-ci ne sont jamais de poids uniforme et constant, donc de résistance identique.

Le dosage de la nicotine dans le tabac et dans la fumée, aussi bien que la détermination des goudrons dans la fumée, requièrent une quantité relativement petite de cigarettes (10 pièces). Il convient que ces lots de 10 unités soient homogènes afin que les comparaisons qui peuvent être tirées d'un lot à l'autre soient valables.

Tous les prélèvements de 10 cigarettes ont été homogénéisés par la méthode statistique décrite par *Staub* (Mitt. 48, 107, 1957) à partir de 100 cigarettes, dans le dessein de réaliser dans chaque lot de poids constant la même répartition de cigarettes de poids différents. Toutes les cigarettes ont donc été pesées pour procéder à cette répartition.

Par contre, la recherche et le dosage des hydrocarbures polycycliques, de même que la détermination des hydrocarbures aliphatiques, requièrent 200 cigarettes au départ du mode opératoire. On a admis qu'une répartition statistique n'était pas nécessaire dans ce cas, le lot étant suffisamment important et représentatif de l'ensemble.

Fumage

Tous les fumages ont été exécutés sur l'appareil *Staub-Furrer* modifié par *Eschle* (Mitt. 49, 5, 1958). Principe: les cigarettes sont fumées par bouffées successives à intervalles constants, sous dépression constante, et à volume d'aspiration constant:

fumage	une cigarette après l'autre
aspirations	toutes les 15 secondes
durée de l'aspiration	2,0 secondes
volume de l'aspiration	35 cm ³
longueur du mégot	20 mm
tension aux électrodes de la cellule électrostatique de retenue de la fumée	10 000 volts
volume de la cellule	375 cm ³

Dans ces conditions, une cigarette de longueur normale exige 16 à 17 bouffées pour être brûlée à la longueur désirée.

Méthodes d'analyse

1. *Nicotine*: dosage comme dipicrate de nicotine selon *Staub* (Mitt. 48, 107, 1957).

2. *Goudrons*: (selon *Staub* - Mitt. 48, 107, 1957)

a) *goudrons chloroformiques acides*. On obtient des goudrons extraits par le chloroforme en milieu acide sulfurique. C'est dire que ces goudrons ne correspondent pas à la totalité des goudrons présents dans la fumée de tabac. Ils sont débarrassés des constituants alcalins et neutres, solubles en phase aqueuse.

Cependant, les résultats obtenus par cette méthode sont sûrs et reproductibles. Ils permettent donc une confrontation valable entre les différentes sortes de cigarettes examinées.

b) «*goudrons totaux*». Le goudron retenu dans la cellule électrostatique est dissous au chloroforme comme pour la méthode a). La solution obtenue ne subit aucune extraction. Le solvant est chassé au bain-marie, le résidu séché à l'étuve à 103-105° et pesé toutes les 15 minutes jusqu'à ce que la perte de poids soit négligeable.

Cette méthode, non publiée, ne peut donner que des résultats relatifs. Les chiffres obtenus ne représentent pas expressément les goudrons dans leur totalité puisque le produit finalement pesé comprend la nicotine.

Cependant, aux conditions décrites, et suivies scrupuleusement, les résultats sont reproductibles et permettent de recouper les chiffres obtenus par ailleurs pour la nicotine et les goudrons chloroformiques.

3. *Hydrocarbures polycycliques*: (anthracène, pyrène, 3,4-benzopyrène). Recherche et dosage selon la méthode *Neukomm-Bonnet* (Helv. chim. acta 39, 1724, 1956).

On rappelle ci-après le principe et les opérations essentielles de cette méthode :

200 cigarettes sont fumées à l'appareil *Staub-Furrer*. La rétention de la fumée a été assurée par du benzène contenu dans des flacons laveurs. On a renoncé à la cellule électrostatique dans ce cas particulier. En effet, la rétention électrostatique risquerait de modifier la polarité des substances retenues, et de perturber la chromatographie subséquente sur alumine destinée à séparer les divers hydrocarbures et «substances brunes».

La solution benzénique est épuisée successivement par HCl 0,1 n et par NaOH 0,1 n, afin d'en éliminer les goudrons basiques et acides. La solution benzénique de goudrons neutres ainsi obtenue est épuisée par un volume égal d'éther de pétrole. Elle est traitée par du chlorure de zinc solide, dans le but d'en éliminer les matières précipitables par ce composé.

La solution ainsi purifiée est réduite à petit volume pour être soumise à la chromatographie sur alumine.

Cette opération, délicate entre toutes, est conduite scrupuleusement selon le processus décrit par *Neukomm* et *Bonnet* dans la publication citée. Elle se caractérise par une élution lente faite d'abord au cyclohexane puriss., puis par cinq fractions de cyclohexane contenant des quantités progressives d'alcool, allant de 0,1 à 0,5%.

Cette élution au cyclohexane à concentration alcoolique progressive a pour effet d'accentuer les vitesses différentielles de passage des divers hydrocarbures à travers l'alumine, et de permettre ainsi leur séparation.

Les éluats obtenus à la partie inférieure de la colonne d'alumine sont recueillis successivement dans 52 tubes de 25 ml., qui sont examinés séparément au spectrophotomètre de Beckmann.

Les courbes obtenues (absorption en fonction de la longueur d'onde de la lumière utilisée) présentent des points singuliers à des longueurs d'ondes qui sont notées et qui, par référence aux spectrogrammes de référence publiés, donnent l'identité des divers hydrocarbures élués.

La hauteur (en ordonnée) des «sommets» ainsi décelés pour chaque espèce d'hydrocarbure est fonction de la *quantité* d'hydrocarbure présent dans la prise considérée. Cette propriété permet de procéder au *dosage* des hydrocarbures.

Dans le cas qui nous occupe, seuls l'anthracène, le pyrène et le 3,4-benzopyrène nous intéressent.

En opérant par surcharges progressives de quantités connues de ces hydrocarbures, dans des solutions cyclohexane-alcool de produit présentant une absorption de fond identique à celle observée dans les éluats contenant les hydrocarbures à doser, on peut établir des courbes d'étalonnage pour le pyrène, l'anthracène et le 3,4-benzopyrène.

La confrontation des «sommets» des points singuliers, aux mêmes longueurs d'onde, permet par mesure graphique de doser l'hydrocarbure correspondant.

La préparation du «milieu à absorption de fond identique» peut se faire en principe en prenant n'importe quel éluat de la chromatographie, exempt de point singulier. Elle peut se faire aussi par dilution appropriée, au cyclohexane, des derniers éluats après le passage des hydrocarbures. Dans le présent travail on a employé les éluats exempts de point singulier immédiatement voisins de ceux dans lesquels on a décelé les hydrocarbures à doser.

Cette méthode présente le grand avantage de mesurer, dans les mêmes conditions d'absorption de fond, les quantités connues et inconnues d'hydrocarbures considérés. Elle élimine de ce fait, par compensation, l'erreur due à cette absorption. Cette remarque est importante parce que l'absorption de fond est rarement rigoureusement constante d'un fumage à l'autre, fût-ce pour le même tabac. En principe, les courbes d'étalonnage seront donc établies pour chaque dosage.

4. *Hydrocarbures aliphatiques*. La méthode employée, inédite, est la suivante:

Les 2ème, 3ème et 4ème éluats sont remis dans un bécher. On évapore le solvant jusqu'à obtention d'un volume de 5-10 ml. On ajoute à chaud 50 ml. d'alcool absolu. Les hydrocarbures aliphatiques (paraffines) précipitent en une masse fluide. On laisse refroidir, ils se figent. On abandonne au frigo pendant une nuit (0-4° C). On filtre sur creuset 1G4 taré, lave à l'alcool absolu, sèche à froid sous le vide et pèse jusqu'à poids constant.

Cette méthode, simple, ne nécessite pas l'intervention d'un chimiste professionnel; elle peut être confiée à un employé de laboratoire. De plus, elle n'exige pas d'attendre que la longue, délicate et fastidieuse chromatographie des hydrocarbures aromatiques soit achevée.

Elle pourrait fort bien être proposée dans la pratique industrielle comme moyen de contrôle d'un traitement éventuel.

Tabacs et cigarettes

On a à disposition des cigarettes fabriquées avec les quatre sortes de tabac les plus fréquemment vendues dans le commerce:

type Maryland	(tabac noir brut)
» Orient	(tabac blond)
» Anglais	(tabac Virginie)
» American Blend	

Pour les cigarettes à tabac Maryland, on a examiné parallèlement les cigarettes à tabac traité et non traité, avec et sans filtre.

Pour les autres sortes, les examens ont porté sur des cigarettes avec filtre.

Les filtres sont identiques pour chaque sorte de tabac traité ou non.

Les filtres des cigarettes Maryland sont identiques en papier cellulose enroulé, type ordinaire du commerce. Ils mesurent 11 mm.

Les filtres des cigarettes Anglais-Virginie et American-Blend sont les mêmes, en fibre de cellulose. Ils mesurent respectivement 11 mm et 16 mm selon les types ordinaires du commerce.

Ces précisions sont données à titre d'orientation. Elles ne peuvent avoir d'influence déterminante sur les conclusions à tirer sur l'efficacité du traitement au CCl_4 , vu que les homologues traités ou non sont toujours de fabrication strictement identique.

Les résultats portés sur les tableaux No 1, 2 et 3 sont rapportés soit au nombre de cigarettes (10 ou 100 unités selon les déterminations), soit au poids de tabac fumé (10 ou 100 g).

Les chiffres relatifs *au nombre* de cigarettes sont donnés à titre documentaire. Seuls les chiffres rapportés *au poids de tabac fumé* permettent une comparaison objective.

En effet, malgré tout le soin apporté à l'opération du fumage, il est pratiquement impossible de fixer avec constance et précision la longueur du mégot. Il arrive que la limite des 20 mm arrêtée à l'avance se situe juste au cours d'une aspiration. C'est une des raisons pour laquelle, nonobstant l'homogénéisation préalable des lots, il est plus exact de rapporter les résultats au poids de tabac fumé. On évite ainsi les variations inhérentes au fumage.

Commentaires des résultats (Tableaux 1-3)

I. Concernant la nicotine dans le tabac

Des dix chiffres à notre disposition, relatifs aux cinq genres de cigarettes fabriquées avec quatre sortes de tabac, une constatation frappe d'emblée dans la confrontation des dosages de nicotine dans les tabacs traités ou non traités : dans les cigarettes au tabac Maryland (qu'elles soient munies ou non de filtre), le traitement au CCl_4 a provoqué une diminution non négligeable de nicotine, de l'ordre de grandeur de 10 à 15%. Dans les cigarettes au tabac d'Orient, anglais (Virginie) et américain (American Blend), la diminution constatée entre tabac traité ou non, pour la même sorte de cigarettes, est négligeable.

Tableau 1. Analyses du tabac.
Résultats analytiques rapportés à 10 cigarettes

	Maryland sans filtre		Maryland avec filtre		Orient avec filtre		Anglais avec filtre		Américain avec filtre	
	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité
	Nicotine									
mg	91,7	76,8	72,9	62,6	97,5	91,6	121,9	117,1	158,6	154,9
Diminution en valeur absolue	—	14,9	—	10,3	—	5,9	—	4,8	—	3,7
Diminution en %	—	16	—	14	—	6	—	4	—	2
Résultats analytiques rapportés à 10 grammes de tabac fumé										
	Nicotine									
mg	97,7	83,2	92,2	83,2	110,9	107,8	129,8	129,0	174,7	169,8
Diminution en valeur absolue	—	14,5	—	9,0	—	3,1	—	0,8	—	4,9
Diminution en %	—	15	—	10	—	3	—	1	—	3

Tableau 2. Analyses de la fumée (au nombre de cigarettes fumées)
Résultats analytiques rapportés à 10 cigarettes

	Maryland sans filtre		Maryland avec filtre		Orient avec filtre		Anglais avec filtre		Américain avec filtre	
	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité
Nicotine										
mg	24,45	20,65	21,6	17,1	36,1	31,6	42,0	41,6	49,2	44,2
Diminution en valeur absolue	—	3,8	—	4,5	—	4,5	—	0,4	—	5,0
Diminution en %	—	15,5	—	17	—	12,5	—	1	—	10
Goudrons chloroformiques (cellule électrostatique)										
mg	227	200	214	173	376	316	335	293	382	300
Diminution en valeur absolue	—	27	—	41	—	60	—	42	—	82
Diminution en %	—	12	—	19	—	16	—	12,5	—	21,5
Goudrons totaux (cellule électrostatique)										
mg	358	260	293	244	555	459	581	593	733	593
Diminution en valeur absolue	—	98	—	49	—	96	—	42	—	140
Diminution en %	—	27	—	17	—	17	—	7	—	19
Résultats analytiques rapportés à 100 cigarettes										
Hydrocarbures polycycliques										
<i>Anthracène</i>	34,2	16,4	30,1	13,5	46,9	19,7	54,3	14,9	30,5	14,0
Diminution en %	—	52	—	53,5	—	58	—	72,5	—	54
<i>Pyrène</i>	17,2	9,3	17,3	8,2	19,8	6,6	23,8	6,15	non dosable	—
Diminution en %	—	45	—	52,5	—	67	—	74	—	—
<i>3,4-Benzopyrène</i>	0,62	0,26	0,49	0,20	0,30	0,14	0,50	0,135	0,30	0,11
Diminution en %	—	58	—	59	—	52	—	73	—	63
Hydrocarbures aliphatiques										
mg	89,2	15,4	90,0	16,9	89,8	19,6	48,3	15,4	60,2	28,0
Diminution en %	—	83	—	81	—	78	—	68	—	53,5

Cela prouve que le traitement au CCl_4 a sur un tabac brut (Maryland) une action dissolvante sur la nicotine libre qu'il contient.

Par contre, les « saucages » préalables dont les tabacs anglais et américain sont communément l'objet ont vraisemblablement transformé la nicotine libre en sels de nicotine, que le traitement au CCl_4 ne peut plus guère dissoudre.

Tableau 3. Analyses de la fumée (au poids de tabac fumé)
Résultats analytiques rapportés à 10 grammes de tabac fumé

	Maryland sans filtre		Maryland avec filtre		Orient avec filtre		Anglais avec filtre		Américain avec filtre	
	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité	non traité	traité
Nicotine										
mg	37,5	32,2	33,3	27,8	48,5	43,9	54,5	55,8	64,1	59,95
Diminution en valeur absolue	—	5,3	—	5,5	—	4,6	—	-1,3	—	4,15
Diminution en %	—	14	—	16,5	—	9,5	—	-2	—	6
Rétention du filtre en %	—	—	11	14	—	—	—	—	—	—
Goudrons chloroformiques (cellule électrostatique)										
mg	348	312	330	281	505	439	435	393	497	389
Diminution en valeur absolue	—	36	—	49	—	66	—	42	—	108
Diminution en %	—	10	—	15	—	13	—	10	—	22
Rétention du filtre en %	—	—	5,2	10	—	—	—	—	—	—
Goudrons totaux (cellule électrostatique)										
mg	549	406	452	396	745	637	755	723	954	768
Diminution en valeur absolue	—	143	—	56	—	108	—	32	—	186
Diminution en %	—	26	—	12	—	14,5	—	4	—	19,5
Rétention du filtre en %	—	—	19,5	25,8	—	—	—	—	—	—
Résultats analytiques rapportés à 100 grammes de tabac fumé										
Hydrocarbures polycycliques										
<i>Anthracène</i>	52,45	25,6	46,45	21,9	62,95	27,4	70,5	20,0	39,7	18,1
Diminution en %	—	51	—	53	—	57	—	72	—	54
<i>Pyrène</i>	26,4	14,5	26,7	13,3	26,6	9,2	30,9	8,25	non dosable	—
Diminution en %	—	45	—	50	—	65,5	—	73	—	—
<i>3,4-Benzopyrène</i>	0,95	0,41	0,76	0,32	0,40	0,19	0,65	0,18	0,39	0,14
Diminution en %	—	57	—	57	—	52	—	72	—	63,5
Hydrocarbures aliphatiques										
mg	136,8	24,0	138,9	27,4	120,7	27,2	62,7	20,7	78,4	36,3
Diminution en %	—	82	—	80	—	77	—	67	—	54

Lorsqu'il s'agit du tabac d'Orient, on peut supposer que sa richesse en cire ne permet pas une extraction de la nicotine libre, telle qu'elle puisse être notée valablement. Le traitement au CCl_4 est probablement trop rapide pour atteindre et dissoudre une partie importante de la nicotine libre, après l'attaque des cires dont on verra plus loin qu'une importante proportion est éliminée par le traitement.

Le traitement au CCl_4 n'a donc d'action sur la nicotine dans le tabac que pour des tabacs bruts et pauvres en cire (Maryland).

II. Concernant la nicotine dans la fumée

La même constatation que sous ch. I peut être faite, mais avec beaucoup moins de netteté.

Un fait reste certain: c'est dans la fumée du tabac Maryland que le traitement au CCl_4 permet d'observer les plus grandes diminutions par rapport aux mêmes cigarettes non traitées.

A remarquer que les diminutions constatées ne sont pas dues à l'action du filtre. Celui-ci a une action propre, rétentrice de nicotine dans la fumée (11 à 14%). Conjointement, le traitement au CCl_4 a provoqué une diminution supplémentaire du même ordre de grandeur (14 à 16%) dans les cigarettes traitées par rapport aux non traitées.

Les diminutions de nicotine observées dans la fumée des cigarettes Orient, anglaises et américaines sont réelles, mais très variables (l'une d'elles est même négative).

Il serait téméraire de tirer des conclusions sur l'efficacité du traitement au CCl_4 relativement à la diminution de nicotine dans la fumée. Néanmoins, cette diminution existe, elle n'est pas systématique.

Au surplus, il ne semble pas que les inventeurs du traitement au CCl_4 se soient attachés à provoquer une diminution sensible de nicotine dans la fumée.

III. Concernant les goudrons chloroformiques acides dans la fumée

Quel que soit le tabac ou le genre de cigarettes (avec ou sans filtre pour le Maryland), le traitement au CCl_4 a provoqué une diminution des produits engendrant (lors du fumage) les goudrons acides. La diminution est systématique, allant de 10 à 15% pour quatre sortes examinées. Elle atteint même 22% dans la fumée des cigarettes au tabac « American Blend », par rapport aux mêmes traitées. Le traitement au CCl_4 a vraisemblablement dissout dans le tabac des composés « goudronogènes ». De plus, il semble que le sauçage spécial de l'American Blend contienne plus de ces produits, que le traitement au CCl_4 a éliminés par-

tiellement en plus grandes quantités que pour les autres tabacs. Là encore, on peut affirmer – en confrontant les résultats relatifs aux cigarettes Maryland traitées ou non, avec ou sans filtre – que l'action du traitement ne se confond pas avec celle du filtre; elle s'ajoute à celui-ci.

IV. Concernant les goudrons totaux dans la fumée

Constatations semblables à celles faites sous ch. III. Diminution réelle des goudrons totaux dans la fumée de toutes les cigarettes traitées. Cependant, cette diminution est variable et ne permet pas de tirer une conclusion valable et uniforme. Cette remarque n'est pas étonnante en soi: la détermination des goudrons totaux ne peut apporter des éléments objectifs de confrontation, dans le cas particulier, que pour des cigarettes (traitées ou non) issues d'un même lot (c'est le cas ici).

Par contre, d'une sorte de tabac à une autre, la confrontation n'est plus valable, même si le traitement au CCl_4 a été identique pour tous les tabacs. En effet, la torréfaction du tabac peut être différente d'une sorte à une autre. Elle modifie dans le tabac, et partant dans la fumée, l'équilibre nicotine combinée nicotine libre. Comme les goudrons totaux englobent la nicotine, rien d'étonnant que les résultats obtenus décèlent quelques variations.

Cependant, une constatation s'impose, la diminution est systématique pour toutes les cigarettes traitées par rapport aux homologues non traitées. Elle est dans le même sens que pour les goudrons chloroformiques. Elle recoupe les constatations faites sous ch. III.

V. Concernant les hydrocarbures aromatiques dans la fumée

Les constatations qui s'imposent d'emblée à la confrontation des résultats obtenus sont autrement plus spectaculaires et déterminantes pour les hydrocarbures aromatiques que celles faites à propos de la nicotine et des goudrons.

En effet, quels que soient les tabacs fumés, quel que soit le genre de cigarettes (avec ou sans filtre), le traitement au CCl_4 fait apparaître dans la fumée obtenue une *diminution* systématique d'au moins 50% d'hydrocarbures aromatiques par rapport aux quantités déterminées dans les cigarettes correspondantes non traitées. Cette constatation est valable aussi bien pour l'anthracène, le pyrène que pour le 3,4-benzopyrène.

On ne peut guère considérer comme préjudiciable aux conclusions à tirer de l'ensemble des dosages d'hydrocarbures aromatiques le fait que la diminution du pyrène n'ascende qu'à 45% pour les cigarettes traitées Maryland, sans filtre, par rapport aux non traitées, ainsi que le fait que le dosage du pyrène ait

été rendu impossible pour les cigarettes American Blend, à cause de la présence d'une trop forte quantité d'impuretés provoquant une absorption de fond par trop gênante.

Les résultats concernant les diminutions de pyrène constatées dans les cigarettes Maryland sans filtre (45%), Maryland avec filtre (52%), Orient (67%) et anglais (74%) sont suffisamment éloquents, considérés surtout conjointement à ceux observés pour l'antracène et le 3,4-benzopyrène, pour autoriser une conclusion d'ensemble relative aux hydrocarbures aromatiques: le traitement au CCl_4 opéré préalablement sur le tabac, provoque dans la fumée une diminution notable (au moins 50%) des hydrocarbures aromatiques.

Les plus fortes diminutions d'hydrocarbures sont constatées, pour le traitement au CCl_4 , dans les tabacs saucés, et notamment dans l'Anglais (Virginie). Il semble que les sauçages préalables des tabacs apportent à ceux-ci, en plus grande quantité que pour un tabac brut comme le Maryland, des produits dont la combustion engendre des hydrocarbures aromatiques. Parallèlement, le traitement au CCl_4 consécutif au sauçage, et préalable au fumage, tend à éliminer ces produits en proportion d'autant plus grande qu'ils sont présents en plus grande quantité.

Un fait demeure patent: c'est la diminution systématique de ces hydrocarbures dans la fumée, pour les tabacs ayant subi le traitement au CCl_4 , et ceci dans une proportion minimum de 50%.

VI. Concernant les hydrocarbures aliphatiques dans la fumée

Là encore, diminution massive systématique des hydrocarbures aliphatiques dans la fumée des cigarettes à tabacs traités par rapport aux cigarettes correspondantes, à tabacs non traités.

Cette diminution varie de 53 à 81%, selon les sortes de tabacs.

Il apparaît, inversement aux conclusions tirées pour les hydrocarbures aromatiques, que la diminution des hydrocarbures aliphatiques dans la fumée, provoquée par le traitement au CCl_4 sur le tabac, est d'autant plus massive, d'autant plus forte, que le tabac considéré est plus naturel, plus brut. Il semble que les sauçages (préalables au traitement) des tabacs anglais et américain ont déjà eu pour effet d'éliminer partiellement des hydrocarbures aliphatiques, alors que pour le Maryland le traitement au CCl_4 peut développer (probablement par dissolution) une élimination plus poussée de ces produits.

Quoi qu'il en soit, le traitement au CCl_4 a provoqué dans les cinq sortes de cigarettes examinées (fabriquées elles-mêmes avec quatre sortes de tabacs) une diminution considérable des hydrocarbures aliphatiques dans la fumée, allant grosso modo de 50 à 80% des quantités initiales.

Résumé

Il a été examiné, aux conditions décrites, cinq sortes de cigarettes préparées au moyen de quatre espèces de tabacs.

La confrontation des résultats obtenus sur les séries traitées, par rapport aux séries non traitées, permet de tirer les conclusions suivantes :

1. le traitement au CCl_4 ne provoque une diminution de nicotine dans le tabac, de l'ordre de grandeur de 10%, que dans le tabac brut Maryland. Pour les autres tabacs, la diminution engendrée par le traitement n'est pas suffisamment sensible pour être retenue;

2. le traitement au CCl_4 n'apporte qu'une diminution négligeable (environ 3-5%) de la nicotine dans la fumée;

3. le traitement au CCl_4 engendre une diminution systématique, de l'ordre de grandeur de 10-15%, des goudrons chloroformiques acides dans la fumée de tous les tabacs considérés;

4. le traitement au CCl_4 provoque une *diminution systématique d'au moins 50% des hydrocarbures aromatiques*, et notamment de l'anthracène, du pyrène et du 3,4-benzopyrène, dans la fumée des tabacs examinés;

5. le traitement au CCl_4 provoque une diminution systématique et massive de 50 à 80% des hydrocarbures aliphatiques dans la fumée des tabacs examinés;

6. la confrontation des résultats relatifs à une sorte de tabac (Maryland) ayant servi à la fabrication de cigarettes avec et sans filtre permet d'affirmer

a) en ce qui concerne la nicotine et les goudrons dans la fumée, l'action du filtre s'ajoute à celle du traitement au CCl_4 ;

b) le filtre n'a aucune rétention sélective sur les hydrocarbures aromatiques et aliphatiques dans la fumée. Seul le traitement au CCl_4 a permis de noter une action efficace éliminatrice d'hydrocarbures.

Zusammenfassung

Mit den vorstehend beschriebenen Verfahren wurden fünf Cigarettenarten mit vier verschiedenen Tabaksorten untersucht.

Die Zusammenstellung der Resultate der vorgängig behandelten mit den nicht behandelten Tabaken erlaubt folgende Schlüsse zu ziehen :

1. Die Behandlung des Tabakes mit CCl_4 bewirkt nur bei den Marylandtabaken eine eindeutige Verminderung des Nikotingehaltes um etwa 10%.

2. Der Nikotingehalt des Tabakrauches wird durch die CCl_4 - Behandlung nur wenig (3-5)% vermindert.

3. Der CCl_4 -Auszug bewirkt bei allen Tabaksorten eine Verminderung der Chloroform-Schwefelsäure löslichen Bestandteile um 10-15%.

4. Im Rauch aller untersuchten Tabake konnte nach vorgängiger Einwirkung von CCl_4 auf den Tabak eine 50%ige Verminderung der aromatischen Rauchbestandteile, wie Anthracen, Pyren und 3,4-Benzopyren, festgestellt werden.

5. Durch die CCl_4 -Behandlung werden die aliphatischen Kohlenwasserstoffanteile im Cigarettenrauch um 50-80% herabgesetzt.

6. Die Untersuchung der Filterwirkung mit Marylandtabaken ergab :

a) Durch den Filter werden dem Cigarettenrauch Nikotin und Chloroform-Schwefelsäure lösliche Stoffe nur teilweise entzogen.

b) Der Filter besitzt keinen selektiven Rückhalt für aromatische und aliphatische Bestandteile des Cigarettenrauches. Einzig die CCl_4 -Behandlung bewirkt eine Verminderung dieser Rauchbestandteile.