

Synthèses et Mises au point

COMPOSITION CHIMIQUE DE LA FUMÉE DE TABAC

par

L. ANGENOT (*)

SUMMARY

Chemical composition of tobacco smoke

The tobacco plant has been the object of extensive basic research about its genetic, culture, biochemistry and postharvest metabolism. In addition, much is known of its pyrolysis products and the conditions that affect the formation of these products.

Tobacco smoke is a concentrated aerosol of liquid particles suspended in an atmosphere consisting mainly of nitrogen, oxygen and CO₂. While the precise chemical composition of the particulate and gaseous phases is depended on the characteristics of the commercial tobacco and the manner in which it is smoked, both phases contained tens of hundreds of individual constituents. Notable among potentially hazardous constituents of smoke are tar (mainly benzopyrene) nicotine, nitrix oxide, HCN, acrolein, N-nitrosamines, cadmium and polonium 210.

Recent advances in tobacco science make it possible to develop a safer tobacco that delivers undesirable smoke components at levels that are below the old values, but these results are biologically uninterpretable at present.

INTRODUCTION HISTORIQUE

Lorsque les premiers explorateurs découvrirent l'Amérique centrale, ils observèrent que les indigènes fumaient des feuilles tantôt enroulées sous forme de cylindres appelés «Tobagos», tantôt hachées et bourrées dans des calumets ou pipes. En Amérique du Sud, des feuilles semblables étaient prisées et chiquées à des fins médicales.

A cette époque (XVI^e siècle), les plantes américaines firent une entrée remarquée dans la thérapeutique occidentale! C'est en effet dans la foulée des quinquinas, cascaras et autres ipécas que le tabac fut introduit en Espagne et au Portugal, comme remède contre les

«maux de tête», les «troubles» gastro-intestinaux et les «désordres» nerveux.

C'est surtout Jean NICOT (en l'honneur duquel fut créé un peu plus tard le genre végétal *Nicotiana*), ambassadeur de France au Portugal, qui contribua à sa diffusion en France. En 1560, il fit connaître le tabac à Catherine de Médicis qui l'utilisa avec un certain succès contre ses migraines. Le tabac était alors prisé, de la même façon qu'en Amérique du Sud. Mais la tendance à prescrire la décoction de tabac en lavement, mode d'administration de médicaments fort à l'honneur sous l'Ancien Régime, provoqua des catastrophes qui rafraîchirent l'enthousiasme des zéloteurs de cette drogue...

Ayant échoué en médecine, le tabac allait cependant réussir à s'imposer en fumigations dont l'habitude commencée en Angleterre (à l'instar, dit-on, des calumets indiens nord-américains) se répandit en France et sur le Continent, sous Louis XIV.

De nouveau, le tabac fut accusé de méfaits non seulement par le corps médical, mais également par le clergé dont deux papes successifs frappèrent d'excommunication ceux qui fumaient dans les églises.

Malgré ces mesures coercitives, le succès du tabac ne diminua pas (hormis dans les églises!) et les gouvernements ne tardèrent pas à en tirer profit. Richelieu établit dès 1629 le premier impôt sur le tabac, et en 1657, le pape accepta l'installation de manufactures de tabac dans les Etats Pontificaux. La consommation de tabac ne fit alors qu'augmenter au cours des temps.

(*) Professeur à la Faculté de Médecine de l'Université de Liège.

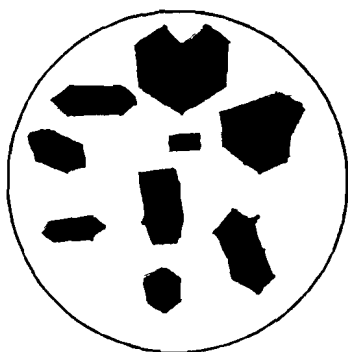


Fig. 1

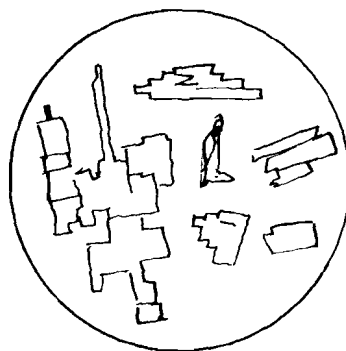


Fig. 2

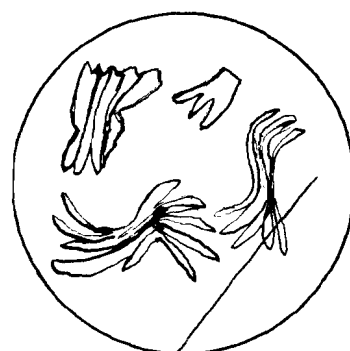


Fig. 3

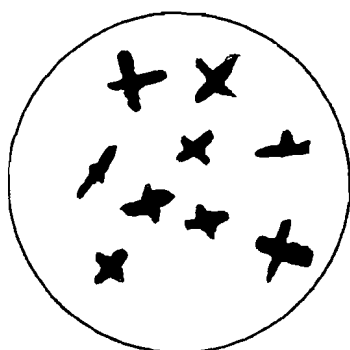


Fig. 4

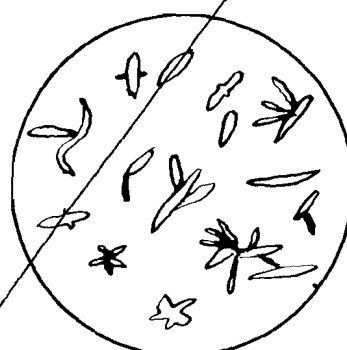


Fig. 5

verre par une goutte de réactif bromo-Chlorplatinique. Cette réaction donne un précipité qui au microscope, se présente sous forme caractéristique jaune pâle, de la figure 3 (grossissement $\times 300$).

4. Une goutte de la même solution de Chl. de Fényramidol, traitée par une goutte de réactif Iodo-Chloroplatinique, donne un précipité, qui, au microscope, se présente sous la forme cristalline caractéristique de la figure 4 (grossissement $\times 300$).
5. Le réactif de Heinecke donne dans les mêmes conditions, un précipité qui se présente sous la forme de cristaux représentés par la figure 5 (grossissement $\times 300$).

Reçu en mai 1983

Résumé

Nous proposons quelques réactions de microcristallisation permettant d'identifier la Fényramidol.

Samenvatting

Wij stellen enkele microkristallisatiereacties voor welke het mogelijk maken Fenylramidol te identificeren.

Bibliographie

- (1) CLARKE, E. G. C., *Isol. and ident. of Drugs*, Vol. 1, p. 495, London 1978.

VARIABILITÉ DE LA NATURE DES TABACS

Dans notre pays, les produits commerciaux à base de tabac doivent répondre aux exigences d'arrêtés royaux parus au Moniteur (références en annexe). Ils doivent en effet être fabriqués au moyen de 80 % de *tabac en feuilles* (*) ou *reconstitué* (**), auxquels soit des *extraits naturels de tabac* (***), soit d'autres plantes (atoxiques), ou divers produits naturels, ou synthétiques, minéraux ou organiques sont ajoutés à un taux ne pouvant dépasser 20 %. Ces produits de charge tendent à donner un goût et un arôme particuliers, et à assurer une combustion régulière des produits commerciaux.

Cette définition juridique du tabac est le reflet de la grande hétérogénéité des produits commerciaux. De surcroît, *Nicotiana tabacum* L. qui constitue 80 % de ces produits, n'est pas une espèce homogène bien définie. Il en existe de très nombreuses variétés ou cultivars, dont les plus célèbres sont les suivantes :

Tabacs noirs (Kentucky, Cuba, Brésil, France, Indonésie), fermentés à l'air (Dark-air cured) ou au feu (Fire-cured)

Tabacs clairs (White Burley du Maryland)

Tabacs d'Orient, fermentés au soleil (Sun-cured) (Moyen Orient-Asie)

Tabacs blonds, fermentés sous air chaud (Flue-cured) (Amérique du Nord)

Cet éventail de matières premières est en partie exploité par les fabricants qui s'efforcent d'homogénéiser leurs productions en mélangeant d'une part les tabacs entre eux (en proportions différentes suivant les marques et les goûts des clients), et en effectuant d'autre part des mélanges de lots de diverses années et enfin en ajoutant des substances aromatiques

(*) Le *tabac en feuilles* est défini par les feuilles séchées et fermentées ou non, du plant de *Nicotiana tabacum* L.

(**) Le *tabac reconstitué* comprend des fragments de tabac, agglomérés au moyen de liants (décrits au Moniteur) et contenant au minimum 80 % de *Nicotiana tabacum* L.

(***) Les *extraits naturels de tabac* sont les extraits totaux de tabac débarrassés plus ou moins complètement des alcaloïdes, goudrons et masse cellulosique.

ou non en vue d'uniformiser les sensations gustatives et olfactives.

Pour interpréter la phytochimie du tabac, il faut surtout considérer la biosynthèse des glucides et des dérivés azotés (alcaloïdes, protéines) qui vont affecter profondément la composition de la fumée.

Si ces produits se retrouvent dans tous les tabacs, leur quantité est soumise à de nombreux facteurs : potentiel génétique des plants, conditions de culture, métabolisme durant la dessiccation et la fermentation.

Potentiel génétique

La synthèse de la nicotine étant étroitement liée au potentiel génétique de la plante, on a pu sélectionner des cultivars ayant des taux de nicotine très bas (moins de 0,2 %) au lieu des 2 à 10 % rencontrés fréquemment naguère. Cependant nous verrons que cette teneur en nicotine est également influencée par les engrais, les conditions climatiques, l'époque de la récolte... La biosynthèse d'autres constituants est également contrôlée par des gènes ; citons les phytosterols et les diterpènes précurseurs de certains arômes du tabac.

Conditions de culture

Lorsque l'azote est abondant et absorbé en grande quantité par les racines, le taux en nicotine et en acides aminés augmente ; inversement lorsque l'apport d'azote est réduit, il y a une accumulation d'acétates dans le cycle de Krebs, et une plus grande production de glucides, lipides, terpènes. Ces variations influencent évidemment la texture, la couleur, l'arôme, la porosité et la combustibilité des feuilles de tabac. C'est ainsi que les tabacs orientaux (poussant sans apport d'azote) ont les feuilles les plus aromatiques, tandis que les tabacs noirs ont les taux les plus élevés en nicotine et protéines.

Les conditions climatiques et les pratiques agricoles interviennent aussi dans le métabolisme des principaux constituants. A basse température, et avec une intensité lumineuse

faible, la feuille de tabac peut difficilement être aromatique, même si l'apport en azote est très faible. Sur un même plant, on constate d'ailleurs que les feuilles supérieures sont plus aromatiques que les feuilles situées au bas de la plante, et par conséquent un peu privées de soleil. L'écimage, qui consiste à sectionner la plante pour freiner sa croissance en hauteur et favoriser le développement des feuilles aura aussi des répercussions directes sur le pourcentage de nicotine. C'est ainsi que, lorsqu'il subsiste peu de feuilles sur un plant, des quantités mêmes limitées d'azote suffisent pour favoriser la teneur en nicotine.

Métabolisme durant la sénescence et la fermentation

La sénescence est la phase de l'existence de la plante depuis sa maturité jusqu'à la mort, qui correspond à sa récolte à la fin de l'été. Cette étape est caractérisée par une accumulation de métabolites, une perte de poids sec, et une intensification des activités enzymatiques qui vont dégrader les constituants cellulaires (protéines, lipides, glucides...). Après la récolte, les feuilles sont soumises à une dessiccation lente, accompagnée d'une fermentation plus ou moins rapide.

Au cours de ce processus dont les techniques varient, les enzymes opèrent une hydrolyse des glucides composés en sucres simples, des protéines en acides aminés, et des pectines en acides uroniques. Lorsque la fermentation s'effectue à l'air, il se passe de très nombreuses réactions d'oxydation qui concernent tantôt les sucres transformés en acides, oxygène et eau, tantôt les acides aminés convertis en amides et ammoniacque, voire les phénols (flavonoïdes, acide chlorogénique) polymérisés en produits bruns et même les diterpènes et caroténoïdes transformés en molécules aromatiques contribuant cette fois à la qualité du tabac.

Enfin, dans les manufactures, les feuilles de tabac sont triées, mélangées, additionnées d'une foule de substances (autorisées par la législation), ce qui complique bien sûr la tâche des analystes chargés d'étudier les produits de

combustion. A ce sujet, signalons aussi que les techniques couplées de chromatographie gazeuse et de spectrométrie de masse se sont avérées déterminantes dans l'identification de la majorité des substances détectées.

ÉTUDE PHYSICO-CHIMIQUE DE LA FUMÉE

La fumée de cigare(tte) est un matériel chimiquement complexe formé par la combustion incomplète du tabac.

Si les températures au sein de la combustion atteignent 800 à 900 °C, elles ne sont plus que de 200 à 400° à moins de 2 mm de l'endroit incandescent, et elles tombent à 30 °C, un centimètre plus loin. Les hautes températures provoquent la combustion et la pyrolyse du tabac. Le gradient de température et la progression lente du foyer sont responsables de l'évaporation et de la condensation subséquente des constituants stables sur la partie inférieure du cylindre de tabac. Des bouffées successives réévalorent, brûlent ou pyrolysent les constituants condensés en même temps que le tabac frais. Les températures très élevées, l'oxygénation du foyer et l'atmosphère riche en hydrogène contribuent à la pyrolyse des produits chimiques.

La composition chimique précise de la fumée de cigarette est évidemment dépendante du type de tabac utilisé, de la ventilation et de la filtration du papier, et de la *technique du fumeur*.

Les volumes d'aspiration de la fumée varient en effet de 17 à 73 ml, la durée d'aspiration de 0,9 à 3,2 secondes, et les intervalles entre les bouffées de 22 à 72 secondes. L'absorption quantitative est bien sûr, liée à cette technique du fumeur. Les études visant à connaître la composition de la fumée ont été réalisées à l'aide de machines dites « à fumer » = volume d'aspiration de 35 ± 2 ml; durée d'aspiration de $2 \pm 0,2$ secondes; une aspiration par minute. L'expérience est stoppée à une longueur de mégot de 23 mm pour les cigarettes sans filtres, et à 3 mm du filtre pour

celles qui en sont munies. Il est en effet indispensable de standardiser au maximum la méthodologie analytique pour comparer et reproduire les résultats obtenus dans différents laboratoires.

Caractéristiques de la fumée totale de cigarette

Une cigarette de 85 mm sans filtre produit environ 500 mg de fumée en 10 aspirations. Il y a à peu près 83 % de la masse qui est constituée par l'azote, l'oxygène et l'anhydride carbonique. Les particules en suspension représentent 8 % de la masse et le monoxyde de carbone 3 à 4 %. Les 6 % restants sont des constituants organiques et minéraux de la phase gazeuse. Suivant leurs propriétés physiques et chimiques, des constituants peuvent être rencontrés soit dans la phase particulaire, soit dans la phase gazeuse, soit dans les deux.

La fumée contient $5 \cdot 10^9$ particules par ml. Il y a donc approximativement 10^{12} particules par cigarette, qui sont absorbées par le fumeur. Les particules présentent un diamètre aérodynamique de taille moyenne de 0,2 à 0,4 μm accédant facilement au tractus respiratoire. Etant un aérosol très concentré de particules liquides, la fumée n'est pas seulement complexe, mais également mouvante.

Puisque beaucoup de constituants de la phase gazeuse sont miscibles dans la phase particulaire, ces particules peuvent atteindre de plus grandes dimensions au cours de l'aspiration et, par voie de conséquence, entraîner des modifications quantitatives de la phase gazeuse.

Plus de 1200 constituants ont été jusqu'à présent identifiés dans le tabac et la fumée en résultant lors de sa combustion. Il est donc exclu d'en dresser une liste exhaustive. Quelques rares principes sont délivrés au taux du milligramme (mg)/cigarette; il y en a un nombre de plus en plus important qui sont présents au taux du microgramme (μg)/cigarette et du nanogramme (ng)/cigarette. Nous allons successivement examiner les constituants les plus célèbres des deux phases formant l'aérosol.

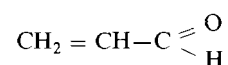
Composition de la phase gazeuse

La phase gazeuse de la fumée est définie expérimentalement par la part de la fumée qui passe à travers un filtre de verre fritté calibré pour retenir les particules égales ou supérieures à 0,1 μm . Cette phase gazeuse contient des vrais gaz et les autres produits chimiques suffisamment volatils pour rester dans la phase gazeuse durant le passage du filtre. Le support du filtre, mouillé par les particules retenues lors des premières aspirations, tend à capter certains constituants hydrophiles de la phase gazeuse durant les aspirations ultérieures. Il en résulte que certains constituants de la phase gazeuse se retrouvent partiellement dans la phase particulaire (Exemples du formol, de l'acide cyanhydrique).

Le tableau I montre que la phase gazeuse de la fumée de cigarette contient surtout de l'azote, de l'oxygène et de l'anhydride carbonique.

L'oxyde de carbone (CO), dont la toxicité au niveau sanguin est bien établie, représente 3 à 4 % de la masse. Cette production d'oxyde de carbone est en relation avec la quantité initiale d'acides gras à faible PM, le pourcentage de cires cuticulaires et la durée de la combustion. En effet, de la première à la dernière bouffée d'une cigarette, on voit doubler la quantité d'oxyde de carbone et de nicotine. Si le fumeur grille très vite sa cigarette, la production peut être multipliée par cinq.

L'acroléine, présent à une concentration de 0,1 mg/par cigarette, est cet aldéhyde



bien connu pour ses effets irritants, responsables des modifications des muqueuses respiratoires et de leur évolution vers la bronchite chronique et l'emphysème des grands fumeurs.

L'ammoniaque (NH_3), trouvé à la même concentration que l'acroléine, fait partie des substances alcalines irritantes pour les poumons. Il est surtout abondant dans les tabacs

TABEAU I
Constituants chimiques de la phase gazeuse de la fumée de cigarette

Type (nombre minimum de constituants)	Constituants les plus importants			
	composé	quantité		
		mg/cig	µg/cig	ng/cig
gaz inorganiques (15)	azote	295		
	oxygène	67		
	anhydride carbonique	68		
	monoxyde de carbone	16		
	argon	5		
	hydrogène		700	
	oxyde nitrique		300	
	acide cyanhydrique		300	
	acide sulfhydrique		90	
	ammoniac		100	
	méthane		800	
	éthylène		160	
	isoprène		400	
	acétylène		25	
alkanes (17)				
alkènes (41)				
alkynes (5)				
hydrocarbures cycliques (12)	cyclohexane			300
hydrocarbures aromatiques (17)	toluène		80	
organohalogènes (6)	chlorure de méthyle		160	
	méthanol		180	
alcools (7)	acétaldéhyde		900	
aldéhydes (18)	formol		30	
	acroléine		70	
	acétone		350	
	buténone		30	
esters (14)	formiate de méthyle		30	
	acétate de vinyle			400
hétérocycles oxygénés (10)	2-méthyl-furane		50	
nitriles (13)	acétonitrile		140	
nitrosamines (4)				
	diméthyl-nitrosamine			80
amines divers	méthylamine		4	
	hydrazine			30
	chlorure de vinyle			25
	nitrate de méthyle			500
	eau	6		

plus riches en nicotine et protéines, qui sont surtout réservés à la préparation des cigares. Il en résulte que cette fumée particulièrement irritante et caustique n'est pas aspirée par les personnes dont les poumons ne sont pas abî-

més! Malheureusement les fumeurs de cigarettes se reconvertissant à la pipe ou au cigare, parviennent à aspirer sans difficultés cette fumée!

A titre anecdotique, il est intéressant de signaler qu'en faisant barboter la fumée dans l'eau du narguilé, les Orientaux débarrassent cette dernière de substances irritantes hydrosolubles.

Les connaissances concernant la nature chimique de la phase gazeuse ont progressé au cours de cette dernière décennie. En témoigne l'estimation quantitative des *nitrosamines*, présentes en très faible quantité (80 ng/cig.) mais néanmoins impliquées dans les éclosions de tumeurs.

Enfin, cette phase gazeuse contient également des éléments aromatiques appréciés des fumeurs, tels la damascenone et ses dérivés, préalablement rencontrés dans l'essence de rose de Damas ou encore le linalol, constituant de parfums recherchés.

Composition de la phase particulaire

La phase particulaire de la fumée de cigarette est définie expérimentalement par la part de la fumée, retenue sur les filtres en fibres de verre capables de retenir des particules de 0,2 µm de diamètre. La matière particulaire totale (TPM = Total Particular Matter) consiste dans le résidu récolté sur le filtre. Le goudron est le matériel récolté sur le filtre, moins les poids de nicotine et d'eau. La phase particulaire peut aussi être récoltée en condensant à basse température la fumée de cigarette (CSC = Cigarette Smoke-Condensate), mais les teneurs sont en général plus faibles par cette méthode jugée moins efficace.

La phase particulaire est un liquide hydrophile ayant un pH légèrement acide. Comme on le constatera sur le tableau II, les phénols, les acides carboxyliques et l'eau représentent environ 80% du poids de cette phase. Les constituants alcalins (alcaloïdes) représentent environ 5% et les constituants neutres, le restant. Cette phase particulaire diffère nettement

TABEAU II
Constituants majoritaires de la phase particulaire de la fumée de cigarette

Classe chimique	Quantité (mg/cig)
Eau	6.0
Glycols	3.0
Alcaloïdes (nicotine et dérivés)	1.6
Terpénoïdes	1.5
Acides carboxyliques	1.2
Cires (alkanes nC31)	1.2
Phénols (catéchine, crésols, hydroquinone)	0.6
Aldéhydes (furfural, benzaldéhyde)	0.5
Phytostérols (stigmasterol)	0.2

de la phase gazeuse car elle renferme des constituants plus polaires et en général moins volatils. Les constituants présents, de l'ordre du milligramme par cigarette, sont les glycols, ajoutés comme humidifiants, les alcaloïdes, les pigments, les terpénoïdes (limonène), les acides carboxyliques (irritants pour les poumons) et les paraffines. Des substances phénoliques et aldéhydiques sont trouvées à des taux un peu inférieurs. Enfin, une pléthore de composés organiques et minéraux se rencontrent à l'échelle du micro et du nanogramme. Certains sont repris dans le tableau III.

TABEAU III
Constituants minoritaires de la phase particulaire de la fumée de cigarette

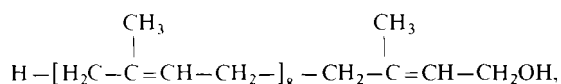
Classe chimique	Quantité (µg/cig)
<i>Hydrocarbures aromatiques</i>	
Naphtalène	3
Phénanthrène	0.4
Pyrène	0.1
Fluoranthène	0.1
Benzo(a)pyrène	0.02
<i>Amines aromatiques</i>	
Indole	15
Pyridine	40
Quinoléine	2
Anilines	0.2
Naphtylamines	0.005
Nitrosamines non-alcaloïdiques	1.5
Nitrosornicotine	0.5
Nitrosoanatabine	1.5
<i>Substances inorganiques</i>	
Nickel	0.1
Cadmium	0.1

Parmi les alcaloïdes du tabac et de sa fumée, la *nicotine* est le constituant majoritaire. Sa toxicité est bien établie, notamment au niveau cardio-vasculaire, ainsi que sa responsabilité dans l'accoutumance au tabac.

Rappelons que la nicotine est un liquide à odeur narcotique, distillable à la vapeur d'eau et plus toxique quand elle est sous sa forme non protonée; ce qui est notamment le cas à un pH alcalin qui est celui de la fumée de cigarette. Il est donc particulièrement nocif d'inhaler profondément la fumée de cigarette, quand on sait que les tabacs destinés à ce type de produit sont toujours plus corsés et riches en nicotine. Parmi les alcaloïdes secondaires du tabac (fig. 1), une attention toute particulière doit être réservée à la *N'-Nitrosornicotine (NNN)* qui est le premier carcinogène organique isolé du tabac *non* pyrolysé, et considéré comme le facteur déclenchant le cancer de la cavité orale des fumeurs de tabac. Ce dérivé nitroso, accompagné de la *N'-nitrosoanabasmine (NAB)* se retrouve dans la fumée de tabac, parmi les *nitrosamines* déjà signalées dans la phase gazeuse.

Les *hydrocarbures aromatiques polycycliques* sont considérés aussi parmi les agents cocarcinogènes du tabac. Le mécanisme de formation du *benzo(a)pyrène*, agent particulièrement actif, est maintenant bien établi et schématisé dans la figure 2.

Le point de départ est l'acétylène fourni par pyrolyse partielle des matières organiques. Les molécules d'acétylène se recombinaient graduellement pour fournir des structures de plus en plus grandes, et en fin de course des hydrocarbures polycycliques qui sont relativement stables à des températures élevées, et s'accumulent dès lors, au cours de la pyrolyse, dans la fraction appelée « PAH » (Polynuclear Aromatic Hydrocarbons), créditée être la principale fraction cocarcinogène des goudrons de tabac. Un des précurseurs importants de ces hydrocarbures, présent dans la feuille de tabac, est le solanesol, alcool tri-sesquiterpénique à 45 atomes de carbone,



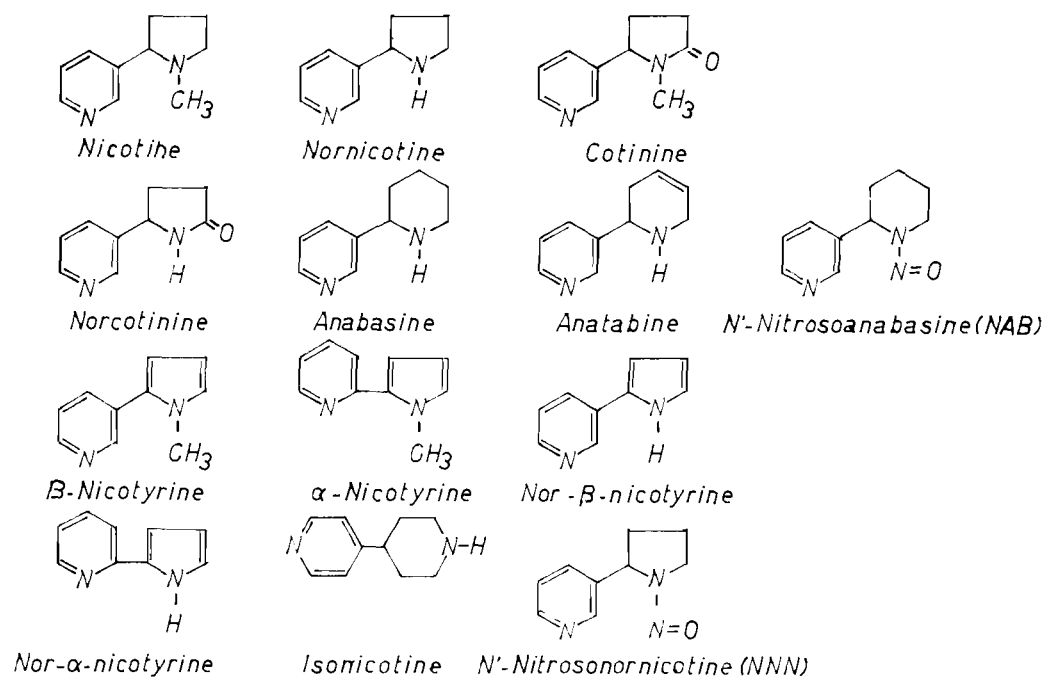


Fig. 1
Nicotine et alcaloïdes apparentés du tabac.

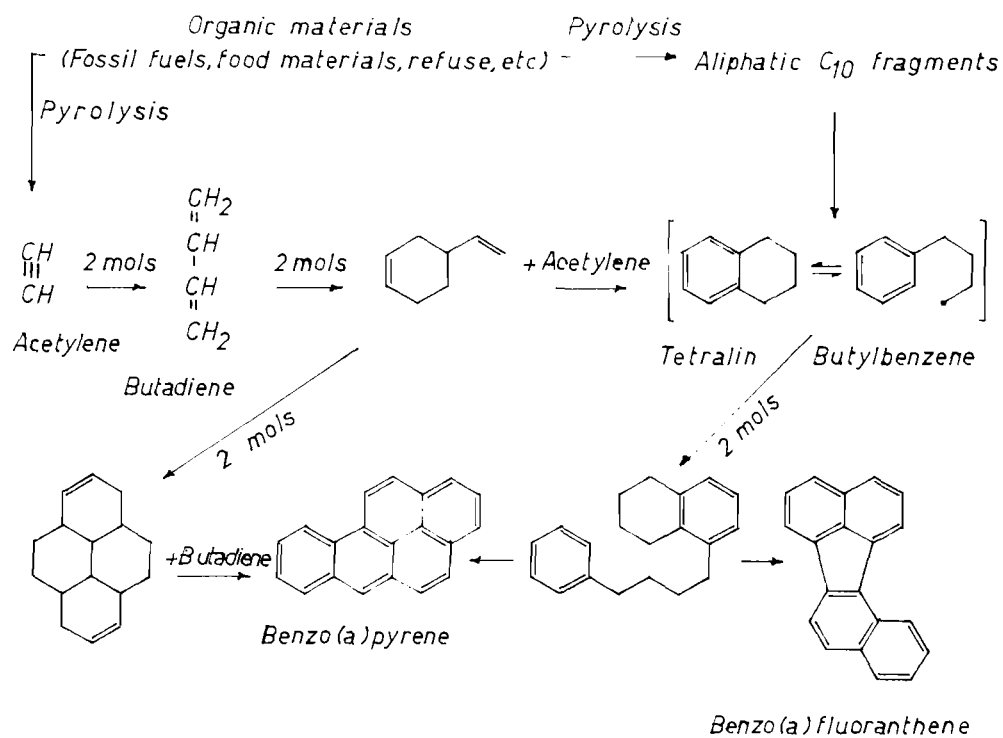


Fig. 2
Formation des hydrocarbures polycycliques d'après GUDZINOWICZ (1980).

qui peut représenter 3% du poids sec de certains cultivars.

Les nitrosamines et les hydrocarbures précités ne sont pas les seuls éléments toxiques des goudrons; la quercétine (génine flavonoïdique) et certaines carbolines sont également citées parmi les substances suspectes depuis que des effets mutagènes leur ont été découverts récemment.

Parmi les substances inorganiques de la phase particulaire, il convient d'insister sur la toxicité du *cadmium*, chimiquement apparenté au zinc avec lequel il est fréquemment associé. Le cadmium métallique est produit par distillation à une température d'environ 800 °C (température atteinte lors de la combustion du tabac). La vapeur métallique elle-même et l'oxyde très fin qui en résulte par combustion dans l'air, sont très toxiques à l'égard des poumons.

Dans une cigarette, il y a environ 2 µg de cadmium, de telle sorte qu'un fumeur moyen peut accumuler environ 30 mg en 50 ans. La demi-vie biologique du cadmium est estimée entre 10 et 30 ans. Si l'apport en cadmium par la nourriture correspond à 75-100 µg/jour 4% seulement sont absorbés par le tractus gastro-intestinal. Par contre, les fumeurs inhalent une quantité correspondant à 2 µg par cigarette dont 50 à 95% sont bien résorbés par les voies respiratoires.

Enfin, on s'interroge également sur la responsabilité du *Polonium*²¹⁰ dans l'induction du cancer des bronches. D'autant plus que le ²¹⁰Po est le seul élément de la fumée de tabac qui ait provoqué des tumeurs par inhalation chez les animaux d'expérience. Quoique le taux de ²¹⁰Po dans la fumée de cigarette soit bas (~ 1 femto Curie/mg de goudron) l'exposition journalière du fumeur aux particules α de ce radionuclide est fatalement plus grande que pour un non-fumeur. Il a en effet été démontré que le contenu du squelette en ²¹⁰PO d'un fumeur était le double d'un non-fumeur. Il en est de même en ce qui concerne la concentration en ²¹⁰PO dans le poumon des fumeurs. On a également prouvé que les *Nicotiana ta-*

bacum accumulaient beaucoup plus de polonium que d'autres plantes poussant dans les mêmes conditions. Une relation proportionnelle a été établie entre la pilosité des divers cultivars de tabac et la teneur en radio-éléments. De plus, il convient d'éviter de cultiver le tabac sur des sols riches en radium 226 (²²⁶Ra) ou enrichis par des engrais phosphatés qui contiennent toujours de tels éléments.

CONCLUSIONS

La fumée de tabac est un aérosol concentré de particules liquides en suspension dans une atmosphère constituée surtout d'azote, d'oxygène et d'anhydride carbonique. Quoique la composition chimique précise des phases particulaire et gazeuse soit dépendante des caractéristiques du tabac et de la technique du fumeur, les deux phases contiennent un millier de constituants différents. Parmi eux, se trouvent des agents potentiellement très dangereux [goudron- et surtout le benzo(a)pyrène-, nicotine, oxyde de carbone, acide cyanhydrique, acroléine, N-nitrosamines, cadmium, polonium 210].

Les innombrables recherches consacrées au tabac n'ont pas été vaines; la réduction de certains constituants toxiques dans les cigarettes commerciales progresse, comme l'indique le tableau IV.

Si certaines cigarettes sans filtre renferment toujours, comme en 1960, 25 à 35 mg de goudron, 2 mg de nicotine et 15 à 20 mg d'oxyde de carbone, on constate que la présence d'un filtre dans la majorité des cigarettes populaires, réduit de moitié les taux en nicotine et en goudron mais n'affecte pas la teneur en oxyde de carbone. Par contre, des tabacs fortement améliorés par diverses techniques ne renferment plus dans leur fumée que le cinquième ou le dixième de goudron, nicotine et oxyde de carbone contenus dans les cigarettes populaires les plus vendues actuellement. Mais ces

TABLEAU IV
Comparaison des fumées de cigarettes commerciales du marché américain (U.S.A.) en 1979
quantités en mg/cig

Type de cigarette	goudron	nicotine	oxyde de carbone	oxyde d'azote	acide cyanhydrique HCN	acroléine
Référence sans filtre	25-35	1,6-2,6	18-20	0,3	0,4	0,4
Cig. commerciales sans filtre	24-28	1,3-1,7	15-18	0,3	0,4	0,4
Cig. commerciales avec filtre	17-21	0,6-0,9	18-21	0,3	0,4	0,4
Cig. commerciales peu riches en goudron (Low-tar)	6-14	0,6-0,8	7-15	0,08	0,08	0,05
Cig. commerciales pauvres en goudron (Super Low-tar)	1-3	0,1-0,3	2-3	0,03	0,01	0,01

réductions sont biologiquement ininterprétables actuellement.

Reçu en mai 1983

Professeur L. ANGENOT
Service de Pharmacognosie
Institut de Pharmacie
rue Fusch, 5
4000 Liège

Résumé

La composition chimique de la fumée de tabac est dépendante de nombreux facteurs: potentiel génétique, conditions de culture, époque de la récolte des plants de tabac, traitement dans les manufactures...

Il faut distinguer les produits sous forme gazeuse et les suspensions particulières emportées par la fumée. Parmi les produits toxiques susceptibles d'être inhalés, il faut noter la nicotine, les goudrons, des substances irritantes (acroléine, oxyde nitrique), du monoxyde de carbone et de l'acide cyanhydrique, des métaux lourds (cadmium) et radioactifs (polonium).

Samenvatting

De chemische samenstelling van tabaksrook hangt af van een groot aantal factoren: genetisch potentieel, teeltvoorwaarden, tijdstip van het oogsten der tabaksplanten, in de fabrieken ondergaane bewerkingen...

Er moet een onderscheid worden gemaakt tussen de produkten in gasvormige toestand en de door de rook meegesleurde deeltjessuspensies. Onder de toxische produkten die kunnen ingeademd worden zijn vooral te vermelden: nicotine, teer (vooral ben-

zopyreen), prikkelende stoffen (acroléine, stikstofoxide), koolmonoxide en cyaanwaterstofzuur, zware metalen zoals cadmium en radioactieve bestanddelen (polonium 210).

Bibliographie

- Arrêté Royal du 28/12/1979, relatif à la fabrication et à la mise dans le commerce de tabac, de produits à base de tabac et de produits similaires, modifié par les Arrêts Royaux du 30/3/1981 et du 20/12/1982, Moniteur Belge.
- BOUT, A. J. N., PURKIS, S. W., SADD, J. S., A Damascone derivative from *Nicotiana tabacum*. *Phytochemistry*, **22**, 613 (1983).
- DELAVEAU, P., Plantes agressives et poisons végétaux, cf. p. 155-164. Ed. Horizons de France, 1974, Paris.
- GUERIN, M. R., Chemical composition of cigarette smoke. *Banbury Rep.*, **3**, 191-204 (1980).
- GUDZINOWICZ, B. J., GUDZINOWICZ, M. J., Analysis of Drugs and Metabolites by Gas Chromatography-Mass Spectrometry, Vol. 7. Natural, Pyrolytic and Metabolic Products of Tobacco and Marijuana. Ed. Marcel DEKKER, 1980, New York.
- HARLEY, N. H., COHEN, B. S., TSO, T. S., Polonium 210: A questionable riskfactor in Smoking-Release Carcinogenesis. *Banbury Rep.*, **3**, 93-104 (1980).
- HEEMANN, V., BRÜMMER, U., PAULSEN, C., SEEHOFER, F., Composition of the leaf surface gum of some *Nicotiana species* and *Nicotiana tabacum* cultivars. *Phytochemistry*, **22**, 133 (1983).
- HUNZIKER, A. T., The Biology and Taxonomy of the *Solanaceae*. Ed. by J. G. HAWKES, R. N. LESTER and A. D. SKELDING. Academic Press, 1979.
- JUDES, U., Cadmium-Belastung durch Rauchen. *Naturwiss. Rundschau*, **34**, 431-432 (1981).
- LEMAIRE, J. L., Le Tabagisme. Coll. Que sais-je n° 1859. Presses Universitaires de France, 1980.
- PARIS, R. R., MOYSE, H., Matière Médicale, Tome III. Pharmacognosie spéciale, p. 177-187. Ed. Masson, 1971, Paris.
- PELT, J. M., Drogues et plantes magiques, cf. 73-81. Ed. Horizons de France, 1971, Paris.
- TSO, T. C., Modification through Agricultural Techniques for Developing a Safer Tobacco. *Banbury Rep.*, **3**, 181-190 (1980).