



Analyse des additifs ajoutés aux cigarettes

Résumé du rapport concernant le projet additifs du tabac

Sur mandat de l'Office fédéral de la santé publique (OFSP)

août 2005

Careen Merckel

Fritz Pragst

Résumé

Lors de la fabrication de cigarettes suisses, on peut compter 25 % d'additifs sur la composition totale ; or, ces substances risquent d'augmenter la dépendance des consommateurs et la nocivité des cigarettes. L'objectif de la présente étude était donc d'identifier les additifs utilisés et d'évaluer leurs effets toxicologiques et leur influence sur la dépendance.

L'analyse a porté sur 32 sortes de cigarettes suisses, quatre marques provenant de différents pays (jusqu'à 8 pays), cinq tabacs bruts ainsi qu'une cigarette de référence ne contenant pas d'additif. En combinant la microextraction en phase solide avec la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (HS-SPME / GC-MS), une méthode s'appliquant aux substances très volatiles ou semi-volatiles a pu être développée et a permis d'identifier 48 substances différentes, dont des arômes, des agents conservateurs et des solvants.

La quantification de certaines substances a révélé de grandes concentrations de certains additifs, notamment le menthol dans des cigarettes classiques (0,02 à 13,3 µg/g), le 2-éthyl-1-hexanol (0,06 à 12 µg/g) et l'alcool benzylique (6,6 à 40,8 µg/g). La présence de menthol est problématique, car cet additif retarde l'élimination de la nicotine et peut rendre plus agréable l'inhalation de fumée dans l'appareil respiratoire. La nicotine et ses alcaloïdes secondaires (p. ex. nor nicotine, anabasine, anatabine) ont été quantifiés grâce à la méthode combinée HS-SPME / GC-MS dans 32 sortes de cigarettes suisses et 20 allemandes. Les concentrations de nicotine (13,1 à 27,7 mg/g) et de ses alcaloïdes secondaires ne semblent pas indiquer qu'il y a eu adjonction d'alcaloïdes dans la composition des cigarettes.

C'est un fait avéré que des substances basiques sont utilisées comme additifs afin d'alcaliniser la fumée de tabac et d'augmenter ainsi la quantité de nicotine sous forme de base libre. C'est pourquoi une électrode sélective d'ammoniac a été utilisée pour identifier la présence d'ammoniac et d'urée dans les cigarettes : on a calculé une quantité de 0,11 à 3,7 mg/g d'ammoniac et de 0,1 à 0,37 mg/g d'urée. Les concentrations d'ammoniac supérieures à 1 mg/g portent à croire que des sels d'ammonium ont été incorporés aux cigarettes ; par contre, un ajout d'urée n'a pas pu

être prouvé. La littérature concernant les effets toxiques des additifs des cigarettes nous révèle que les additifs et leurs produits de pyrolyse renforcent l'effet nocif des cigarettes.

On constate que l'adjonction abondante de menthol et la concentration élevée d'ammonium influent sur l'inhalation de la fumée et sur le potentiel de dépendance de la cigarette. D'autres études devraient être entreprises et les concentrations calculées dans ce cadre seraient alors évaluées sur la base de valeurs limites encore à définir.

Objectifs du projet

Les propriétés des cigarettes sont déterminées en grande partie par les additifs. Ces produits influencent le goût, l'humidité, la vitesse de combustion, le pH de la fumée et d'autres propriétés sensorielles comme la douceur, la dureté et l'âpreté de la fumée. La présence de ces additifs augmente donc l'attractivité de ce produit, particulièrement chez les jeunes en passe de devenir fumeurs. Il a souvent été soupçonné que les cigarettes contenaient des agents susceptibles d'accroître la dépendance au tabac en accélérant l'absorption de la nicotine. Les listes provenant de l'industrie du tabac et du législateur recensent plus de 600 additifs qui seraient utilisés pour les cigarettes. Le présent projet vise donc à développer des méthodes permettant un examen qualitatif et quantitatif rapide des additifs et des mélanges d'additifs présents dans les cigarettes et à identifier dans les procédés actuels de fabrication des cigarettes les additifs réellement utilisés, notamment pour les sortes de cigarettes les plus vendues en Suisse. Afin de mettre en évidence les positions antagonistes de l'industrie du tabac et des scientifiques indépendants, la présente étude confronte les opinions des deux parties sur le potentiel toxique des additifs, leur action créant une dépendance et leur influence sur l'attractivité gustative et sur leur acceptation par le public.

Enfin, ce travail de recherche devrait permettre de formuler des directives concrètes dans l'ordonnance sur le tabac. Cette publication apporte en outre sa contribution aux efforts de collaboration internationale demandée par la convention-cadre de l'OMS (objectif 11 du Programme national de prévention du tabagisme initié par le Conseil fédéral).

Méthodes appliquées

Les méthodes suivantes, optimisées pour la problématique spécifique des additifs présents dans les cigarettes, ont été appliquées : la microextraction en phase solide à partir de l'espace de tête (HS-SPME) associée à la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) (cf. fig. 1), l'extraction liquide et la mesure GC-MS des extraits, le dosage d'ammoniac et d'urée au moyen d'électrodes sélectives d'ions et les mesures du PH d'extraits aqueux (cf. fig. 1). Grâce à des mesures comparatives, la présence d'additifs découverts par analyses GC-MS et par des recherches dans les banques de données commerciales a été en outre confirmée par la correspondance entre le temps de rétention (c.-à-d. le temps qu'une substance prend pour apparaître dans l'appareil de mesure) et le spectre de masse. Les composants importants ont été déterminés quantitativement après étalonnage. Le principe était le suivant : il fallait chauffer un échantillon de cigarette dans une solution aqueuse, puis mesurer à l'aide d'un appareil les substances évaporées. Cette méthode a d'abord été appliquée à des cigarettes largement commercialisées (contenant des additifs), puis à du tabac brut (donc sans additif).

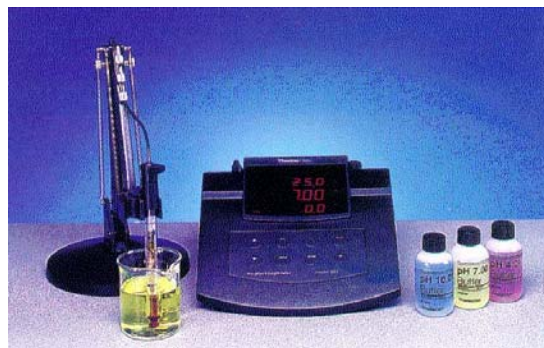


Fig. 1 : Appareil HS-SPME / GC-MS permettant une analyse qualitative systématique des additifs volatiles (à gauche) et électrode sélective d'ammoniac pour prouver la présence d'ammoniac et d'urée (à droite)

Matériel examiné

Les méthodes susmentionnées ont permis d'analyser 51 marques de cigarettes différentes. En outre, pour certaines marques, on a choisi d'examiner des paquets provenant de différents pays. Le nombre total de paquets de cigarettes analysés s'est finalement monté à 79.

Toutes les mesures ont au moins été effectuées à deux reprises. Pour établir une comparaison, on a, parallèlement à ces examens, analysé des cigarettes de référence,

différentes sortes de tabac brut et des jeunes plants de tabac. Les différences relevées quant au nombre et à la quantité de substances mesurées a permis de déduire quels sont les additifs incorporés dans les cigarettes.



Fig. 2 : Tabac brut analysé

Résultats

L'examen qualitatif systématique de 32 marques de cigarettes suisses, effectué à l'aide de la méthode HS-SPME, a révélé la présence de 48 additifs (à ajouter aux 9 additifs basiques des cigarettes analysées dans les études préliminaires). En voici quelques uns : alcool anisique, alcool benzylique, alcool cinnamique, aldéhyde anisique, aldéhyde cinnamique, benzoate de benzyle, éthanol phénylique, 2-éthyl-1-hexanol, furfurylamine, isopulégol, menthol, éther méthylique de vanilline, γ -nonalactone, palmitate d'éthyle, 2-phényl-3-propanol, propylène glycol, n-propyl-p-hydroxybenzoate, thymol, triacétine, γ -undécalactone, vanilline et vanilline d'éthyle (cf. tableau 1).

En comparant les chromatogrammes mesurés d'un mélange de tabac brut et d'une cigarette de référence ne contenant pas d'additifs avec ceux des cigarettes analysées, les additifs entrant dans la composition des cigarettes ont pu être identifiés (cf. fig. 3).

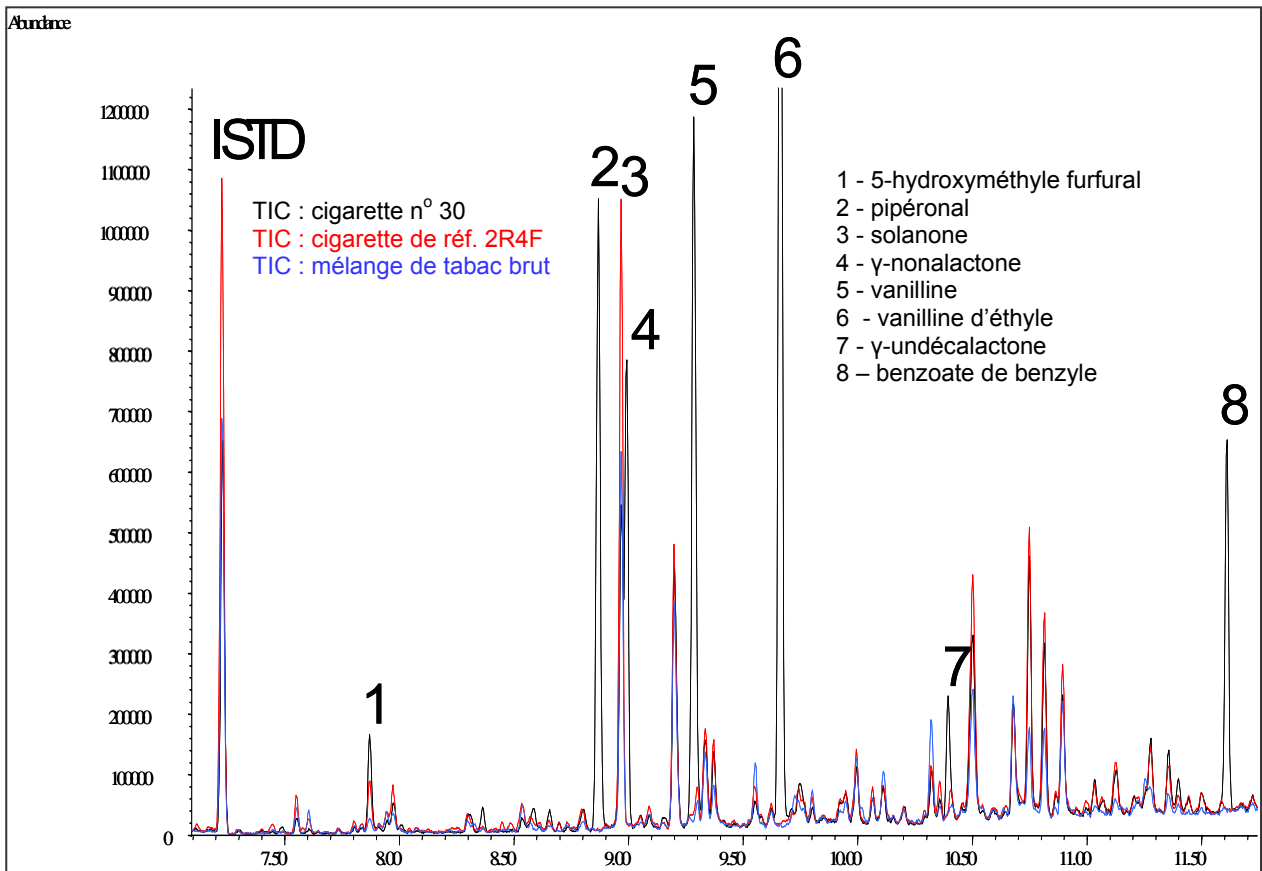


Fig. 3 : Chromatogramme illustrant la présence d'additifs dans une cigarette traitée de manière neutre comparée à un mélange de tabac brut et à la cigarette de référence 2R4F (ISTD = norme interne). Le graphique montre la présence d'une grande quantité de vanilline après 9 minutes dans l'appareil de mesure. (TIC =Total Ion Chromatogram)

Substances sapides et aromatisantes

La plupart des substances découvertes sont destinées à améliorer le goût et le parfum ou à servir de solvant. En outre, on a décelé la présence de propylène glycol, un agent humectant, dans presque toutes les cigarettes suisses. Lorsque la cigarette brûle, le propylène glycol peut former, par pyrolyse, de l'oxyde de propylène, substance considérée comme cancérigène. Tous les dérivés cinnamiques peuvent créer, par décarboxylation, du styrol, également soupçonné de provoquer le cancer.

Tableau 1 : additifs identifiés dans les cigarettes

Additif identifié	Nombre de sortes de cigarettes qui contiennent cet additif
alcool anisique	2
alcool benzylique	32 (2 en grande quantité)
alcool cinnamique	3
aldéhyde anisique	5
aldéhyde cinnamique	2
benzoate de benzyle	4
benzoate de méthyle	6
cinnamate de méthyle	6
2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-méthyl-4H-pyran-4-on	9
éthanol phénylique	32
éther méthylique de vanilline	1
éther monoéthylique du diéthylèneglycol	12
2-éthyl-1-hexanol	32 (7 en grande quantité)
éthylmaltol	1
furfurylamine	32 (2 en grande quantité)
heptadécanoate d'éthyle	1
hexadécanoate d'éthyle	1
isopulégol	1
menthol	32 (11 en grande quantité)
6-méthylcoumarine	1
myristate d'éthyle	1
γ-nonalactone	2
phénylacétate d'éthyle	1
o-phénylphénol	10
3-phényl-1-propanol	5
pipéronal	7
propylène glycol	29
n-propyl-p-hydroxybenzoate	8
salicytate de méthyle	1
2,4,7,9-tétraméthyl-5-dicyne-4,7-diol	7
thymol	1
triacétine	29
tripropylène glycol	2
γ-undécalactone	3
vanilline	9
vanilline d'éthyle	4

Le menthol joue un rôle toxicologique particulier puisqu'il retarde notamment l'élimination de la nicotine dans le corps. Cette substance n'a pas seulement été identifiée comme additif dans les cigarettes déclarées « cigarettes au menthol » (0,79 mg/g), mais elle a aussi été nettement détectée dans beaucoup de cigarettes où cette mention n'apparaît pas sur l'emballage (0,9 à 13,3 µg/g) (cf. fig. 4). Lors de nos examens, nous avons considéré que le menthol en concentration inférieure ou égale à 0,2 µg/g était un composant naturel du tabac.

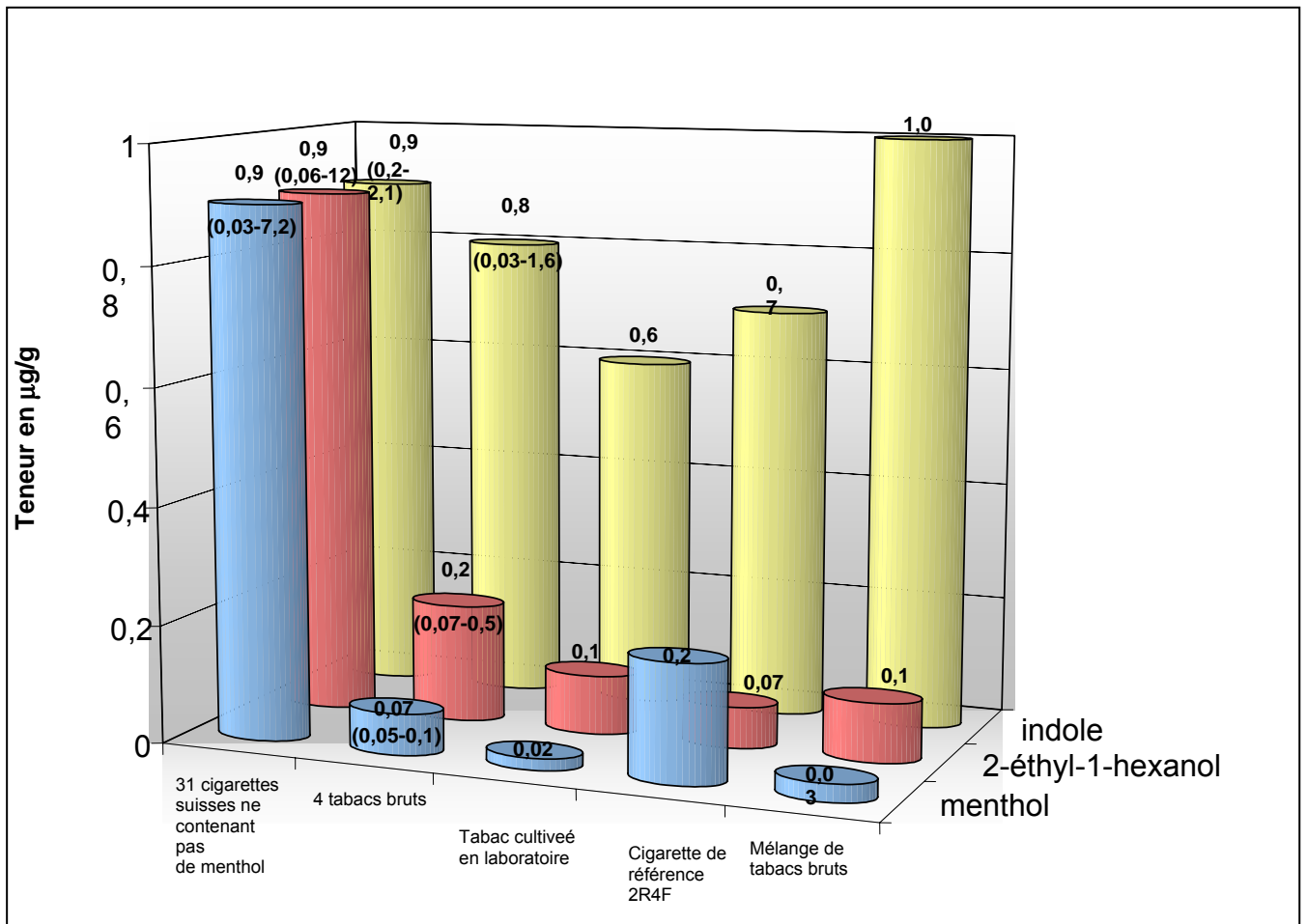


Fig. 4 : Concentrations des substances contenues dans le tabac

L'alcool benzylique et le 2-éthyl-1-hexanol sont à la fois des composants naturels du tabac et des additifs. Dans les cigarettes, les concentrations d'alcool benzylique se situent entre 3,8 et 40,8 µg/g alors que la plus haute concentration atteint 20,7 µg/g dans le tabac brut Virginia (provenant des Zimbabwe) et 8,1 µg/g dans la cigarette de référence. Les concentrations de 2-éthyl-1-hexanol varient dans les cigarettes entre 0,06 µg/g et 12,0 µg/g alors que la cigarette de référence n'en contient que 0,07 µg/g ; le tabac oriental (provenant de Grèce) a, quant à lui, une concentration de 0,46 µg/g (cf. fig. 4).

Même s'il existe des différences pour les concentrations de pyridine, variant entre 6,35 µg/g et 34,9 µg/g, par rapport aux cigarettes de référence, on ne peut en déduire

que cette base a été ajoutée. Il en est de même pour la furfurylamine, l'indole, l'aldéhyde benzylique et l'acétophénone.

Dans cinq sortes de cigarettes suisses, on a pu prouver la présence manifeste de l'additif 3-phénylpropanol avec des concentrations allant de 0,17 à 0,58 µg/g .

Alcaloïdes du tabac

La nicotine et les alcaloïdes secondaires du tabac comme la nor nicotine, la nicotyrine, la myosmine, l'anabasine, l'anatabine et la 2,3-bipyridine, ont été calculés au nombre de 20 dans les cigarettes de différentes marques achetées en Allemagne et de 32 dans celles achetées en Suisse grâce à la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Les alcaloïdes secondaires peuvent aussi être source de dépendance lors de teneur en nicotine plus faible. Pour avoir un point de comparaison, on a aussi analysé des échantillons de tabac brut et d'une cigarette de référence. En ce qui concerne les cigarettes, les concentrations de nicotine (13,1 à 27,7 mg/g) et de ses alcaloïdes secondaires (nor nicotine : 0,3 à 1,9 mg/g ; myosmine : 0,003 à 0,04 mg/g, nicotyrine : 0,08 à 0,4 mg/g, anabasine : 0,09 à 0,3 mg/g, anatabine : 0,5 à 1,5 mg/g ; 2,3-bipyridine : 0,06 à 0,2 mg/g) se trouvent dans la fourchette des valeurs déjà recensées auparavant dans la littérature.

Aucun critère ne permet de déceler si la nicotine ou ses alcaloïdes secondaires ont été ajoutés spécialement.

Il semble invraisemblable que des alcaloïdes secondaires aient été incorporés, vu d'une part le prix élevé de ces substances et d'autre part leur effet plus faible que celui de la nicotine, ce qui n'exclut toutefois pas une augmentation des extraits de tabac (p. ex. tabac reconstitué). Entre les cigarettes achetées en Suisse et celles achetées en Allemagne, les concentrations d'alcaloïdes ne varient que très peu pour une même sorte.

Ammoniac et urée

Des ajouts de bases comme le sel d'ammonium et l'urée représentent un danger particulièrement inquiétant car ces substances augmentent le pH de la fumée et peuvent ainsi libérer davantage de nicotine dans la phase particulaire de la fumée. Seule la nicotine sous forme de base libre provenant de la phase gazeuse peut être bien résorbée par le corps (cf. fig. 5).

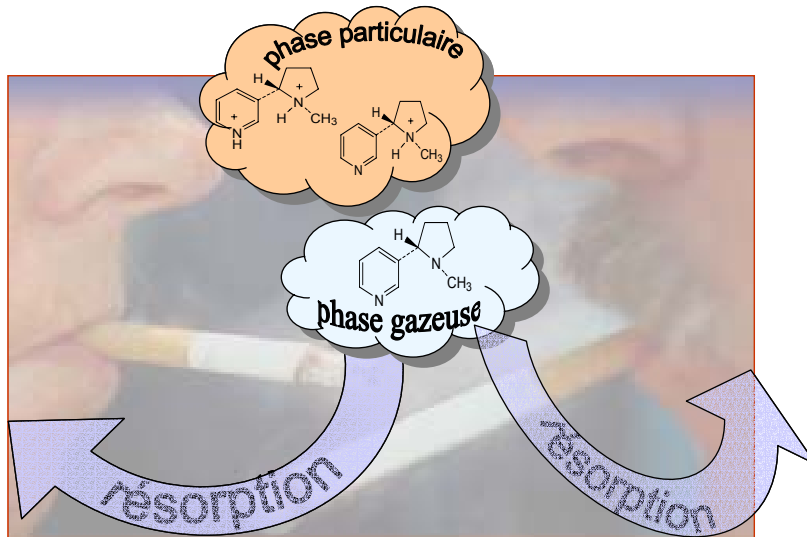


Fig. 5 : Libération de nicotine à partir de la fumée de cigarette : seule la nicotine sous forme de base libre provenant de la phase gazeuse peut être résorbée rapidement par le corps et a une influence notable sur la dépendance.

On a procédé à l'identification d'ammoniac et d'urée à l'aide d'électrodes sélectives d'ions pour tous les paquets de cigarettes examinés au cours de ce projet. Le tabac des cigarettes européennes contient entre 0,11 et 3,1 mg/g de NH_3 alors que celui des cigarettes américaines a une teneur de NH_3 allant de 0,67 à 3,74 mg/g. Etant donné que les sortes de tabac brut examinés, utilisés dans la fabrication de cigarettes, renferment déjà de l'ammoniac, à raison de 0,05 à 1,7 mg/g, on ne peut attribuer ces valeurs obligatoirement à un ajout de sels d'ammonium. Toutefois, une adjonction de 1 mg/g d'ammonium est vraisemblable, d'autant plus qu'on a constaté que la teneur en ammoniac baissait lors d'un stockage plus long des cigarettes. La comparaison entre des cigarettes achetées en Allemagne et en Suisse montre que la teneur en ammoniac dépend de la marque.

Il n'a pas été prouvé non plus que l'urée était un additif, car les concentrations de cette substance ne diffèrent pas beaucoup dans le tabac brut, la cigarette de référence et les jeunes plants.

Les pH des extraits aqueux des cigarettes provenant de Suisse et d'Allemagne varient entre 5,4 et 6,0. De telles différences peuvent être déterminées par la présence d'additifs. Dans les cigarettes moins acides, il y a davantage de nicotine sous forme de base libre dans la phase gazeuse de la fumée, ce qui augmente l'effet de dépendance de la nicotine.

Recherches bibliographiques

La littérature actuelle traitant des additifs dans les cigarettes a été compulsée afin d'obtenir plus de détails à propos des effets des additifs sur l'action de fumer et sur l'importance toxicologique de ces substances. Tant les substances à l'état brut que les produits ayant subi une pyrolyse ont été étudiés. Parfois, les auteurs (industrie de la cigarette ou scientifiques indépendants) expriment des avis contradictoires.



Les substances suivantes ont notamment été examinées : les composés d'ammonium et l'urée dégageant de l'ammoniac ; le formaldéhyde, l'aldéhyde acétique et l'acroléine comme produits de pyrolyse du sucre ou de la glycérine ; le groupe très hétérogène des substances aromatisantes, le cacao, le sucre, le menthol dont la teneur est très élevée dans certaines cigarettes ; les agents humectants comme la glycérine et le propylène glycol ainsi que la réglisse. Il a aussi été démontré que les additifs d'une part contribuent

considérablement à l'augmentation de la consommation de cigarette, habitude nocive en elle-même, et d'autre part peuvent être toxiques, surtout lorsqu'ils ont subi une pyrolyse.

Recommandations

Les résultats de ces examens nous incitent à émettre la recommandation suivante : outre l'obligation légale incombant aux fabricants de déclarer les additifs incorporés dans les cigarettes, il faudrait que des scientifiques indépendants effectuent des analyses comprenant les éléments suivants : teneur en nicotine, comportement acido-basique, ions d'ammonium et urée, dépistage d'additifs volatiles ou semi-volatiles, détermination quantitative des additifs principaux et examen des substances productrices d'aldéhydes. Les concentrations calculées lors de ces analyses devraient être évaluées sur la base de valeurs limites encore à définir.

Source : Merckel, Pragst: Abschlussbericht Tabakzustanzstoffe (2005), sur mandat de l'OFSP