la cigarette électronique est-elle moins nocive que la cigarette classique ?

publié le 19.11.15 |par lucy sauvard, lila bouessel-dubourg

brevetée en 2003 par le pharmacien chinois hon lik, la cigarette électronique apparaît sur le marché français en 2010. la vente de ce dispositif a connu une forte croissance au cours des cinq dernières années : en 2013, plus de 10 millions de français l'avaient essayée. que contient une cigarette électronique ? est-elle vraiment moins nocive que la cigarette dite « classique » ?

1. définition, composition et fonctionnement de l'e-cigarette

1.1. définition

le terme d'« e-cigarette » ou « cigarette électronique » désigne un appareil électrique destiné à simuler l'acte de fumer du tabac, mais dans lequel aucune combustion n'a lieu. il produit un brouillard de fines particules, appeleé communément « vapeur » ou « fumée artificielle », ressemblant visuellement à la fumée produite par la combustion du tabac. la substance liquide permettant de générer cette « vapeur » peut contenir ou non de la nicotine, ainsi que des arômes (arôme de tabac, de menthe, de fruits...). lors de l'usage approprié d'une cigarette électronique correctement fabriquée, la « vapeur » contient, selon les données disponibles, beaucoup moins de substances nocives que la fumée du tabac, en particulier ni particules solides, ni goudron, ni autres substances cancérogènes, ni monoxyde de carbone (co).

1.2. mécanisme

la cigarette électronique comporte les parties suivantes figure 1 :

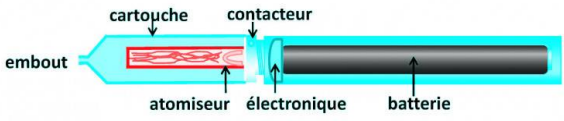


figure 1 - composition d'une cigarette électronique

auteur(s)/autrice(s) : lucy sauvard et lila bouessel-dubourg licence : cc-by-nc

la plupart des cigarettes électroniques sont rechargeables : le liquide permettant de générer la « vapeur » est placé dans une cartouche, qui peut être remplacée lorsqu'elle est vide. celle-ci est munie de mèches permettant une bonne répartition du liquide au sein de la cartouche.

l'animation vidéo 1 présente le fonctionnement de l'e-cigarette :

on peut décomposer le processus d'utilisation de cette e-cigarette en 6 étapes :

- **la mise en marche de l'e-cigarette est déclenchée par le contacteur manuel ;**
- **la pile (ou batterie) délivre alors un courant induisant une montée rapide en température (de 50 à 250 °c) de l'atomiseur, filament ressemblant à celui d'une lampe à incandescence ;**
- **sous l'effet de la chaleur, le liquide contenu dans la cartouche de la cigarette se vaporise ;**
- **si la cigarette électronique est munie d'une diode, celle-ci s'allume quelques secondes grâce au courant délivré par la pile ;**
- **le gaz formé par l'atomiseur se refroidit et, par liquéfaction, forme de très fines gouttelettes qui constituent le brouillard simulant la fumée d'une cigarette ;**
- **le brouillard formé est inhalé par le consommateur.**

les fabricants de cigarettes électroniques ont choisi de désigner ce brouillard par le terme *vapeur*. ce terme est inapproprié car il ne s'agit pas d'une substance complètement à l'état gazeux du fait de la présence de fines gouttes de liquide. le terme *fumée* est lui aussi inadapté puisqu'il désigne un mélange de gaz, de vapeur d'eau et de particules plus ou moins fines, qui se dégage d'un corps en combustion ou porté à très haute température (*source :* dictionnaire de l'académie française). c'est véritablement le terme *aérosol* qui convient, puisqu'il désigne la dispersion en particules très fines d'un liquide, d'une solution ou d'un solide dans un gaz (*source :* dictionnaire larousse).

dans la suite du texte, nous désignerons parfois cet aérosol par le terme de « e-vapeur ». de même, le terme « vapoteur » est couramment utilisé pour désigner l'utilisateur de cigarettes électroniques.

1.3. composition du e-liquide

actuellement, les liquides placés dans les e-cigarettes contiennent tous du propylèneglycol et/ou du glycérol. ils peuvent également contenir de la nicotine, des arômes, des colorants, parfois un peu d'eau et un peu d'éthanol (voir figure 2).

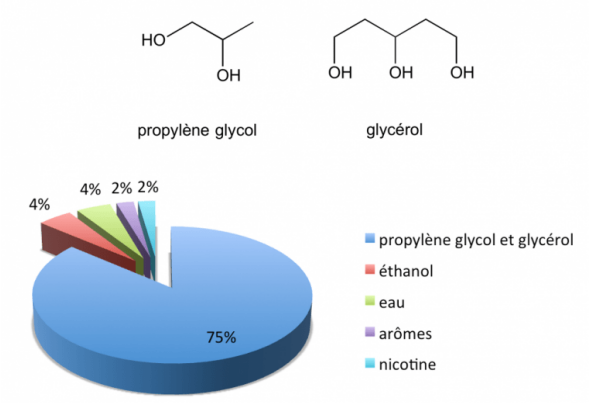


figure 2 - composition de l'aerosol d'une cigarette électronique
les structures du propylène glycol et glycerol, composants majeurs, sont précisées.

auteur(s)/autrice(s) : lucy sauvard et lila bouessel-dubourg licence : cc-by-nc

le propylène glycol et le glycérol sont présents en forte proportion car ce sont eux qui vont permettre la formation de l' « e-vapeur », leurs températures d'ébullition à pression atmosphérique étant respectivement de 188 °c et 290 °c (cette dernière est abaissée lorsque la pression diminue, par exemple lorsque l'utilisateur inspire dans

l'embout). le propylène glycol est une substance très utilisée dans de nombreux domaines de l'industrie alimentaire, pharmaceutique, cosmétique… il est également utilisé au cinéma et au théâtre pour produire de la fumée. le glycérol (ou glycérine végétale) est utilisé comme additif dans des médicaments, des dentifrices, des sirops, des aliments, des boissons et dans le tabac à mâcher ou à chiquer. en europe, le glycérol est utilisé comme additif alimentaire (humectant, raffermissant) sous le numéro e422. l'usage du propylène glycol et du glycérol dans les e-cigarettes est également lié à leur performance en termes d'exhausteurs d'arômes.

les arômes utilisés par les fabricants de l'e-cigarette sont généralement des arômes alimentaires. ils peuvent être naturels ou artificiels, les uns étant des extraits de végétaux ou d'animaux, les autres étant synthétisés chimiquement.

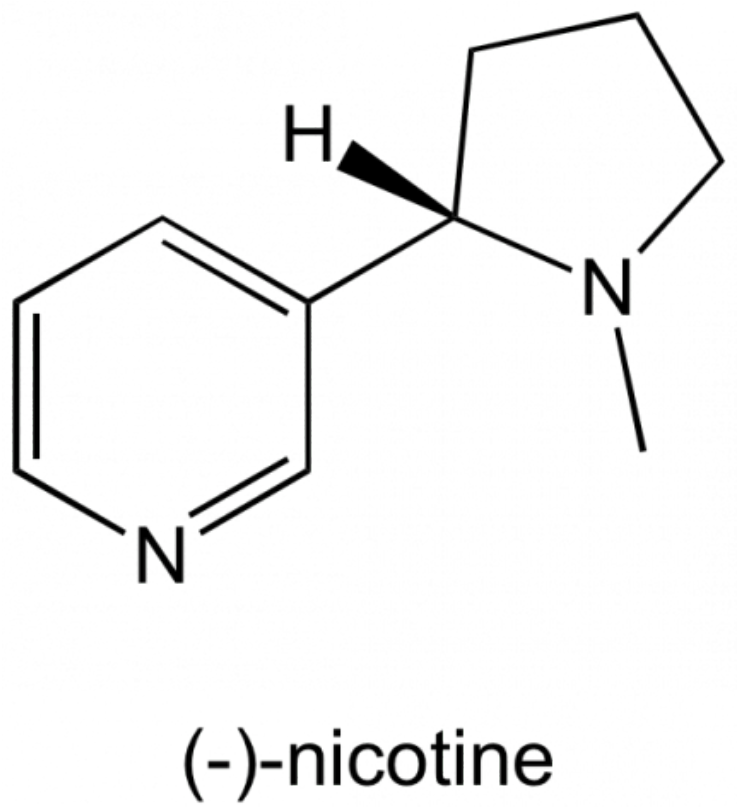


figure 3 - structure de la (-)-nicotine

auteur(s)/autrice(s) : lucy sauvard et lila bouessel-dubourg licence : cc-by-nc

enfin, le liquide de la cigarette électronique peut contenir ou non de la nicotine (figure 3). en france, la réglementation impose une concentration de nicotine dans les e-liquides inférieure à 20 mg/ml.

celle-ci peut avoir deux origines : extraction à partir de plants de tabac et synthèse. la nicotine synthétique est obtenue sous la forme d'un mélange racémique. or seule la forme lévogyre, la (-)-nicotine, a une activité pharmacologique et donc un rôle dans la dépendance tabagique. c'est cet énantiomère qui est produit par le plant de tabac. il en résulte que la majeure partie de la nicotine présente dans les e-cigarettes est extraite d'un plant de tabac, avec une pureté supérieure à 99,8 %.

2. e-cigarette vs cigarette

2.1. rappel sur les dangers de la cigarette classique

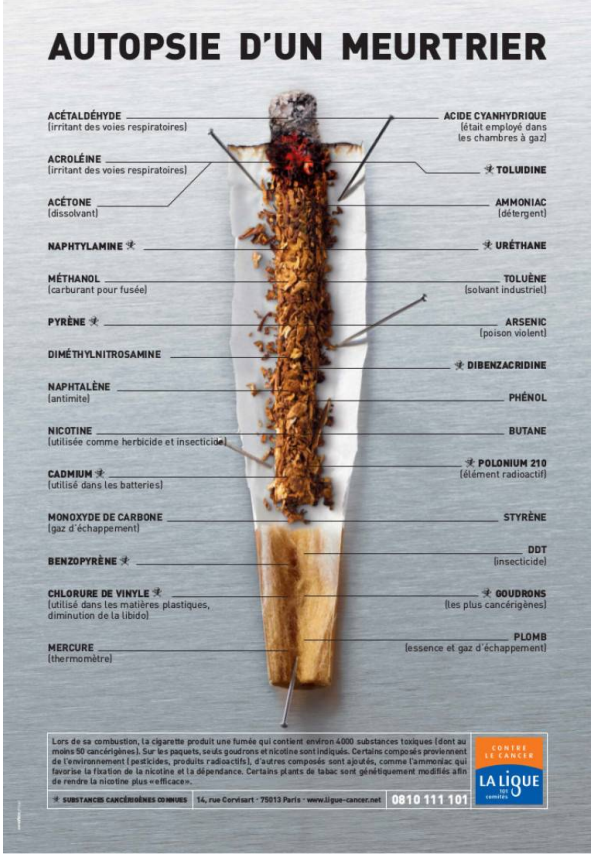


figure 4 - substances dangereuses présentes dans une cigarette traditionnelle

auteur(s)/autrice(s) : ligue contre le cancer

cette affiche (figure 4) ne vous est certainement pas inconnue. elle a été utilisée par la ligue contre le cancer pour expliquer les dangers des différentes substances présentes dans la cigarette dite « classique ».

la chimie du tabac est relativement complexe. lorsqu'on allume une cigarette, la combustion provoque la transformation des 2500 composés chimiques contenus dans le tabac en quelques 4000 substances dont beaucoup ont des effets néfastes sur la santé. celles-ci sont soit sous forme gazeuse, soit sous la forme de particules solides, et leur mélange forme la fumée de cigarette. la food and drug administration, autorité de régulation sanitaire américaine, a listé 93 constituants de la fumée du tabac dangereux ou potentiellement dangereux pour la santé humaine.

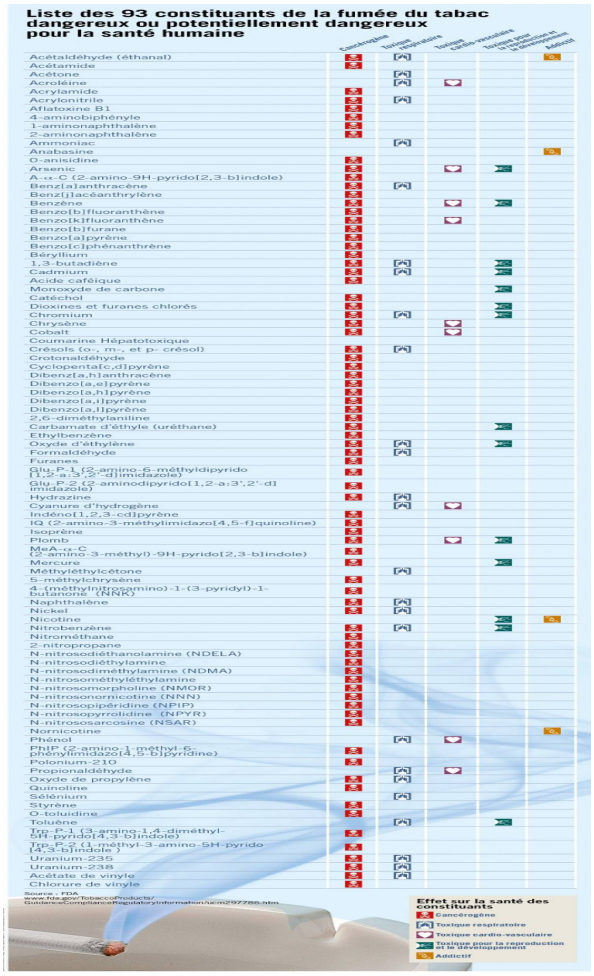


figure 5 - 93 substances nocives présentes dans la fumée d'une cigarette traditionnelle

auteur(s)/autrice(s) : science et avenir

on y retrouve notamment figure 5 la nicotine et les goudrons, mais aussi des gaz toxiques (monoxyde de carbone, cyanure d'hydrogène…) et des métaux lourds (cadmium, plomb, chrome, mercure).

le terme « goudrons » désigne un mélange complexe de substances, issu de la combustion du tabac, responsable des cancers. parmi elles, on trouve des hydrocarbures, dont le benzène, cancérigène avéré.

d'autres composés irritants (acétone, phénols, cyanure d'hydrogène) formés lors de la combustion du tabac provoquent des lésions dans la bouche, le pharynx et les bronches. leur action, combinée à celle des goudrons, induit une inflammation des bronches.

le monoxyde de carbone (co) est formé par combustion incomplète du carbone. c'est une espèce qui est capable de mimer le dioxygène o_2 et de venir se fixer à la place de celui-ci sur l'hémoglobine (protéine contenues dans les globules rouges du sang, dont le rôle est le transport du dioxygène dans l'organisme). or, l'affinité du monoxyde de carbone pour l'hémoglobine est supérieure à celle de du dioxygène : cela provoque une diminution du taux de dioxygène dans le sang et au sein des organes, et entraîne un essoufflement. moins bien alimentés en oxygène, les organes fonctionnent difficilement et, par compensation, la fréquence cardiaque et la pression artérielle augmentent, ce qui induit à long terme des troubles cardio-vasculaires.

utilisée pure ou à forte concentration, la nicotine est un poison violent, toxique par ingestion et mortel par contact cutané. néanmoins, les doses de nicotine présentes dans les cigarettes sont suffisamment faibles pour que l'on puisse s'affranchir de ce type de danger. la nicotine n'est donc pas en soi la substance la plus dangereuse présente dans la fumée de cigarette (en particulier, elle n'est pas cancérigène), mais son impact sur la santé est crucial : c'est elle qui est responsable de la dépendance et donc de

l'exposition répétée du fumeur aux substances cancérigènes contenues dans la fumée de cigarette.

la forme lévogyre de cette molécule appartenant à famille des alcaloïdes, la (-)-nicotine (figure 3), est capable de se fixer dans certains récepteurs des neurones.

cela entraîne la sécrétion importante de dopamine (figure 6) qui se traduit chez le fumeur par une sensation de bien-être, d'euphorie.

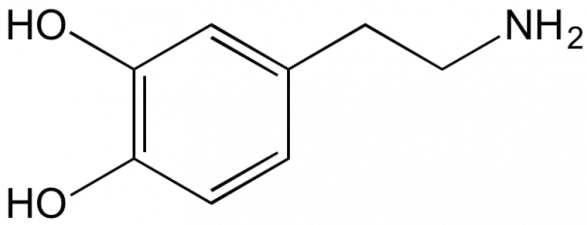


figure 6 - structure de la dopamine

auteur(s)/autrice(s) : lucy sauvard et lila bouessel-dubourg licence : cc-by-nc

lorsque le taux de dopamine diminue, le fumeur ressent un état de manque, qui le pousse à fumer de nouveau. la dépendance à la nicotine est très forte et se met en place dès les premières semaines d'exposition, même lors d'une faible consommation de tabac. la dépendance liée au tabagisme est à la fois physique (symptômes de manque à l'arrêt de la consommation) et psychique (difficulté pour le fumeur de se séparer des sensations de bien-être ressenties en fumant), ce qui rend le sevrage difficile.

enfin, les industriels du tabac ajoutent généralement des additifs, dont la composition est tenue secrète. que ceux-ci soient toxiques ou non, leur transformation, sous l'effet de la combustion, en d'autres substances potentiellement dangereuses n'est pas exclue.

2.2. comparaison avec la e-cigarette

un des arguments majeurs des vendeurs de cigarettes électroniques est le danger moindre de celles-ci par rapport aux cigarettes classiques. qu'en est-il vraiment ?

des études ont montré que l' « e-vapeur » a une composition chimique semblable à celle de l' « e-liquide ». le « vapoteur » inhale donc principalement du propylèneglycol, du glycérol, des arômes alimentaires ainsi que de la nicotine, si l' « e-liquide » en contient.

le propylène glycol est réputé non toxique, non cancérogène et sans effets néfastes pour la reproduction ; de ce fait, la réglementation française ne fixe aucune valeur limite d'exposition pour ce composé. toutefois, à fortes doses, des irritations des yeux et des voies respiratoires ont été observées et ce composé est suspecté de toxicité par inhalation lors d'une exposition à long terme.

le glycérol est réputé peu toxique, non cancérogène, non toxique pour la reproduction et ne fait pas l'objet d'une règlementation spécifique en france. il est toutefois irritant pour la peau, les yeux et les voies respiratoires. mais, comme pour le propylène glycol, si les données sont très nombreuses concernant les effets de son ingestion, elles sont plus éparses sur son utilisation par inhalation.

la qualité du propylène glycol et du glycérol mis en jeu est bien sûr cruciale : si les e-liquides commercialisés en 2010 contenaient souvent des impuretés, de gros progrès ont été faits depuis et le propylène glycol et le glycérol utilisés actuellement sont de qualité pharmaceutique.

les arômes alimentaires utilisés dans la cigarette électronique sont également de qualité pharmaceutique mais le problème tient au fait qu'ils ne sont pas, *a priori*, destinés à être inhalés. si leur usage par ingestion est relativement sûr, qu'en est-il de leur inhalation ? par ailleurs, les molécules constituant ces arômes sont-elles stables à

haute température ? peu de données existent sur le sujet et la détérioration de ces molécules sous l'effet de la chaleur, conduisant à d'autres composés plus ou moins néfastes pour la santé, n'est pas exclue.

lors de l'usage d'une cigarette électronique, le consommateur n'est pas exposé aux goudrons, au monoxyde de carbone et aux substances cancérogènes du fait de l'absence de combustion de tabac dans ce dispositif. néanmoins, l'exposition à la nicotine et à des substances irritantes (bien que dans une moindre mesure), subsiste. beaucoup de consommateurs de cigarettes électroniques rapportent en effet des irritations ou une sécheresse de la bouche et/ou de la gorge.

on peut ainsi résumer la comparaison e-cigarette/cigarette classique sous la forme du tableau suivant :

substances toxiques	effets	e-cigarette	cigarette
monoxyde de carbone	asphyxie du cœur, des muscles et du fœtus	absence	présence
particules solides	atteinte des bronches et du cœur	absence	présence
substances cancérogènes	cancer du poumon	absence	présence
substances irritantes	atteinte du système respiratoire	faible présence	forte présence
nicotine	dépendance	présence	présence

l'utilisation d'une cigarette électronique contenant de la nicotine maintient-elle une dépendance ?

la nicotine est une dibase de pk_a 3,1 et 8,0, qui peut exister sous diverses formes acido-basiques (figure 7).

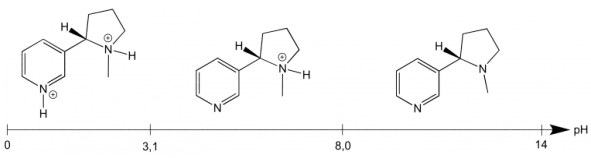


figure 7 - diagramme de prédominance des formes acido-basiques de la nicotine

auteur(s)/autrice(s) : lucy sauvard et lila bouessel-dubourg

en milieu acide (ph < 7), la nicotine est sous forme protonée et ne passe pas facilement les membranes cellulaires. en milieu alcalin (ph > 9), elle se trouve sous forme neutre et traverse aisément les membranes, en particulier celles des muqueuses buccales et nasales du fait de la finesse de leur épithélium et de leur forte irrigation sanguine.

on sait que la fumée de cigarette (tabac blond) est acide : ph ≈ 5-6. la nicotine présente

dans cette fumée est uniquement sous forme protonée et n'est absorbée que par les poumons. cette absorption est très rapide et il ne faut que 7-8 secondes à la nicotine pour atteindre le cerveau. ce pic de nicotine entraîne la saturation des récepteurs des neurones, leur multiplication puis leur désensibilisation, créant ainsi le besoin d'une nouvelle prise.

en revanche, la nicotine fournie par les substituts nicotiniques oraux (gomme, comprimés, inhaleurs, sprays oraux) est sous forme neutre et n'est absorbée que par les muqueuses buccales. l'absorption est alors bien plus lente, avec un pic d'absorption au bout d'une dizaine de minutes. globalement, les substituts nicotiniques (par voie orale ou cutanée) jouent sur la durée de délivrance de la nicotine au cerveau : plus cette durée est grande, moins la dépendance est forte.

a l'heure actuelle, le lieu d'absorption et la pharmacocinétique de la nicotine inhalée à partir d'une cigarette électronique sont mal connus et il pourrait s'agir d'un mélange des deux modes d'absorption (par les poumons et par la bouche). affiner les connaissances dans ce domaine est primordial car la dépendance nicotinique y est liée. néanmoins, cette dernière dépend aussi beaucoup de la façon dont le consommateur utilise sa cigarette électronique. s'il l'utilise comme une cigarette classique, inhalant 15 bouffées en 5 minutes, le pic de nicotine est tel qu'il peut provoquer la saturation des récepteurs et entraîner ou entretenir la dépendance. a l'inverse, l'inhalation régulière tout au long de la journée (par exemple, une bouffée toutes les 5 minutes) permet un apport de nicotine au cerveau de façon continue, analogue à celui des patchs de nicotine, ce qui limite la dépendance.

3. bon ou mauvais ?

3.1. la cigarette électronique : un médicament

beaucoup de vendeurs d'e-cigarette présentent cet objet comme un médicament. or, la cigarette électronique ne bénéficie d'aucune autorisation de mise sur le marché (amm) en tant que tel et, dans un communiqué datant de 2011, l'ansm (agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé) déconseille son utilisation. cela paraît évident pour des individus non-fumeurs, même si aucune étude n'a permis de démontrer une entrée en dépendance nicotinique pour un sujet non-fumeur ayant commencé l'usage de la cigarette électronique.

cela l'est moins pour des fumeurs. en effet, il serait aberrant de dissuader un fumeur de cigarettes classiques de passer à la cigarette électronique, dans la mesure où l'usage de celle-ci lui évitera d'être exposé aux goudrons, aux particules solides et au monoxyde de carbone ; il semble au contraire logique de l'y encourager. néanmoins, à l'heure actuelle, la dépendance à la cigarette électronique est mal connue du fait d'un manque de recul, son usage étant très récent. les données concernant la durée d'utilisation de la cigarette électronique et le comportement des consommateurs à l'issue de celle-ci, soit vers l'arrêt soit vers la reprise du tabac, font cruellement défaut. aucune étude n'a pu montrer une réelle efficacité de la cigarette électronique comme objet de sevrage tabagique, et les médecins préfèrent, à juste titre, prescrire un substitut nicotinique (gomme, inhaleur, spray buccal, patch) à un patient désireux d'arrêter de fumer.

enfin, la cigarette électronique n'est pas un objet anodin et ne doit pas être laissée à la portée des enfants. on rapporte en effet des cas d'intoxication nicotinique grave dus à l'ingestion accidentelle d'e-liquide par des jeunes enfants. bien que l'e-liquide ne contiennent que 2 de nicotine, son contact avec la peau est également fortement déconseillé du fait de la forte toxicité de la nicotine par voie cutanée.

3.2. e-cigarette et législation

jusqu'à présent, la cigarette électronique était un produit peu réglementé. elle était considérée comme un produit de consommation courante et son utilisation n'était pas encadrée par les lois régissant l'usage du tabac : elle n'était donc pas interdite dans les lieux publics. or, qu'en est-il du « vapotage passif » ? l'air d'une pièce contenant une cigarette électronique en cours d'utilisation est-il pollué ? le rapport de l'ofta sur l'e-cigarette indique que les gouttelettes de liquide présentes dans l'aérosol d'e-cigarette disparaissent en moins d'une minute. en revanche, les composés émis à l'état de vapeur persistent bien plus longtemps. ces gaz ne contiennent pas de monoxyde de carbone puisqu'il n'y a pas de combustion de tabac, mais ils contiennent de la nicotine et des composés irritants, qui ne sont pas sans effet sur l'entourage. ainsi, de la nicotine a été retrouvée dans le sang et les urines de non-fumeurs non-vapoteurs exposés à un vapotage passif. en somme, si le vapotage passif est beaucoup moins dangereux que l'exposition à la fumée de cigarette dans la mesure où il n'y a pas de pollution de l'air au monoxyde de carbone et aux particules solides, il n'est pas tout-à-fait sans danger.

par conséquent, l'assemblée nationale a adopté en mars 2015 un amendement stipulant qu'il est interdit de vapoter dans :

- les établissements scolaires et les établissements destinés à l'accueil, à la formation et à l'hébergement des mineurs ;
- les moyens de transports collectifs fermés ;
- les lieux de travail fermés et couverts à usage collectif.

des emplacements réservés à l'usage des dispositifs électroniques de vapotage devraient être mis à la disposition des vapoteurs dans ce type de lieux.

une entreprise peut également interdire l'usage de la cigarette électronique dans ses locaux.

enfin, le projet de loi de modernisation du système de santé propose une interdiction de la publicité concernant l'e-cigarette et ses recharges. depuis 2014, la vente de cigarettes électroniques est en outre interdite aux mineurs.

en conclusion, la cigarette électronique peut constituer un bon outil pour les personnes qui veulent arrêter de fumer mais n'est pas dépourvu de tout danger. il convient de rester prudent face à cet objet, trop récent pour qu'on puisse disposer du recul nécessaire.

4. bibliographie

- wikipédia
- conférence « tout savoir sur la e-cigarette » donnée à l'institut curie le 14 février 2014 par le docteur agnès delrieu et le professeur bertrand dautzenberg.
- la cigarette électronique est-elle fiable et efficace ?, bertrand dautzenberg, marie-dominique dautzenberg, *la presse médicale*, juillet-août 2014.
- la cigarette électronique : outil thérapeutique, phénomène social ou business ?, i. berlin, la revue de médecine interne n° 36, 2015.
- https://www.santepubliquefrance.fr/
- sciences et avenir
- http://www.assemblee-nationale.fr/

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

lucy sauvard

ancienne élève du département de chimie de de l'ecole normale supérieure de paris, professeure agrégée de sciences physiques.

lila bouessel-dubourg

ancienne étudiante normalienne du département de chimie de l'ecole normale supérieure

RELECTURE SCIENTIFIQUE ET MISE EN LIGNE

claire vilain

responsable éditoriale de culturesciences-chimie

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE



creative commons - attribution - pas d'utilisation commerciale