

Les consommateurs et les psychotropes café, thé, chocolat, tabac

Pr Jean-Louis CUQ

Professeur agrégé, Dr es Sciences

Président honoraire de l'Université de Montpellier

Membre de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier



Mots clés

Plantes psychotropes café, thé, chocolat, tabac. Composés actifs stimulants et psychostimulants, toxicité, alcaloïdes, acides aminés.

Résumé

Par leur consommation usuelle, le café, le thé, le chocolat et le tabac sont décrits par leurs compositions, leurs effets stimulants et psychostimulants. Les plantes psychotropes dont ils sont issus le sont quant à leurs caractéristiques botaniques et culturelles. Les transformations réalisées pour obtenir le produit à consommer sont présentées. Les structures, propriétés stimulantes et psychostimulantes et éventuelles la toxicité des principaux composés actifs sont détaillées.

Introduction

L'usage des plantes psychotropes, au nombre de quelques centaines, remonte à des dizaines de millénaires. Elles ont été très tôt à la base de pratiques chamaniques, de rites religieux, pharmaceutiques : « *le pouvoir par les plantes* ».

Le qualificatif psychotrope signifie littéralement «qui agit sur l'[esprit](#) ou le comportement».

Les **psychotropes** sont des composés chimiques ou biochimiques qui agissent principalement sur le fonctionnement de notre système nerveux central en générant des modifications qui peuvent concerner l'humeur, le comportement, les perceptions les sensations, la conscience. Leurs effets stimulants sur les performances physiques ou encore sur certains de nos organes comme le cœur. Leurs activités psychostimulantes sont souvent recherchés par les consommateurs. Dépendance et toxicité peuvent être associées à ces substances.

Les substances à effet psychotrope sont aujourd'hui classées en fonction des composés actifs qu'elles contiennent et de leurs effets physiologiques. Leurs composés actifs sont pour la plupart connus et utilisés pour certains d'entre eux à des fins thérapeutiques.

De nombreux produits psychotropes sont synthétisés par les plantes ou les champignons. **La sophistication de ces synthèses *in vivo* est très grande et encore aujourd'hui certaines de ces molécules complexes restent à identifier et pour d'autres à être synthétisées *in vitro*.**

Certains de ces produits (opium, cannabis, cocaïne...) font l'objet d'interdictions, ce qui génère des marchés illicites qui gangrènent nos sociétés.

Par contre, dans nos sociétés quelques produits à effets psychotropes, la plupart issus des plantes, sont très appréciés et consommés régulièrement. Il s'agit par exemple du café, du thé, du chocolat et du tabac, ce qui fera l'objet de cette présentation.

Pour chacun de ces produits, seront alors décrites les plantes dont ils sont issus, les procédés de transformation qui permettent de les obtenir, les principes actifs présents, leurs modes d'action, leur éventuelle toxicité.

Le café

Le café, le « petit noir », est la première boisson chaude préférée des français qui en consomment en moyenne 6 kg par an et par personne. C'est une des boissons les plus consommées au monde.

Il est obtenu par extraction solide – liquide (eau chaude) à partir du grain torréfié puis broyé. Il existe de nombreux systèmes permettant sa préparation.

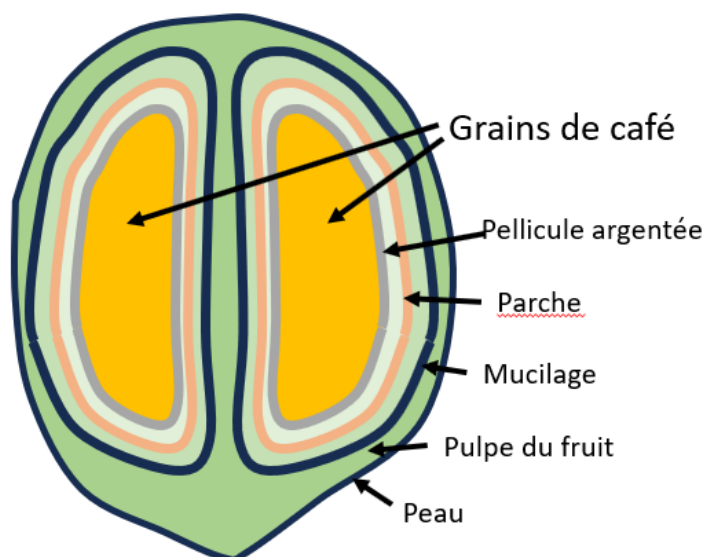
Le **café** est un psychotrope, énergisant et stimulant.

Le caféier

C'est un arbuste qui atteint jusqu'à 10 mètres de haut pour la variété Robusta et 5 mètres pour la variété Arabica. Il a besoin d'une température voisine de 32 °C et d'un climat humide.



Le fruit du caféier appelé **cerise ou drupe** mûrit en 6 à 12 mois. De couleur verte, la drupe passe au jaune puis au rouge à maturité.



Le fruit est constitué d'une **coque**, du **mucilage ou pulpe** qui est en fait la chair du fruit, de la **parche** qui protège le **noyau** (le grain de café), lui-même entouré d'une **pellicule**.

Composition de la cerise ou drupe

Polysaccharides (mucilages, amidon 25 à 30 %, saccharose 7 %)

Les glucides représentent jusqu'à 50% de la matière sèche du café, mais ce sont surtout des glucides insolubles constitutifs des parois végétales, polysaccharides du type lignine (2 %) sans valeur nutritionnelle.

Protéines 15 %

Lipides et cires 15 %

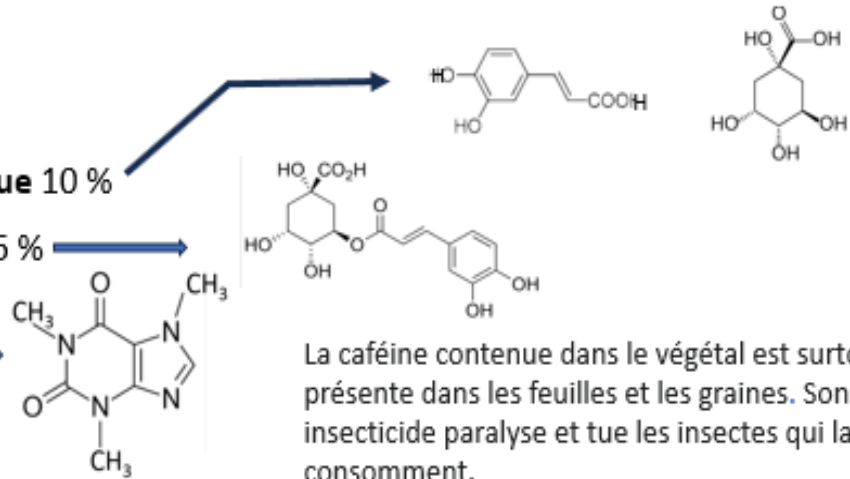
Acides caféique et quinique 10 %

Acide chlorogénique 4 à 6 %

Caféine 0,5 à 3 %

Sels minéraux max 3 %

Eau 10-15 %



La caféine contenue dans le végétal est surtout présente dans les feuilles et les graines. Son pouvoir insecticide paralyse et tue les insectes qui la consomment.

La vitamine B3 est majoritaire dans les cafés verts, mais on trouve également les vitamines B5, B2, B6, B1, C et E.

La fabrication du café

Récolte, séchage et fermentation



Dès leur arrivée à la ferme ou à la coopérative, les cerises entières sont étalées sur des aires cimentées au pire, carrelées au mieux. Il existe quatre méthodes de séchage

1 - Café lavé

C'est la méthode la plus utilisée ; elle conduit à un café au goût constant. Dès leur arrivée, les cerises sont plongées dans des bassins remplis d'eau pendant 24 à 48 heures, ce qui permet de retirer la pulpe et le mucilage autour du grain. L'eau permet un bon contrôle de la température de fermentation et d'éliminer une partie de la caféine contenue dans les grains.

Le séchage qui suit permet d'amener le teneur en eau au voisinage de 10 %. Le séchage est réalisé soit au soleil (1 à 2 semaines) soit dans des séchoirs industriels (1 jour). Le séchage au soleil donne d'excellents cafés qui sont recherchés dans le monde entier

2 - Procédé naturel

Il n'y a pas de lavage à l'eau et la cerise qui est laissée au naturel subit alors la fermentation ce qui produira un café aux notes fruitées. Ce processus est utilisé par les producteurs lorsqu'il y a peu ou pas de pluie avant la récolte. Une pluie abondante « lave » les sucres nécessaires à la réalisation cette méthode. Le séchage qui suit a pour objectif d'amener la teneur en eau aux environs de 10 %. Il peut durer jusqu'à 1 mois.

3 - Procédé « miel »

Récent et de plus en plus employé. La peau de la cerise est retirée mais en conservant une partie de la pulpe et du mucilage qui est la partie collante et jaune entre pulpe et grain. Le café obtenu ont un goût plutôt sucré. La fermentation est codifiée par la couleur de la couche collante (blanc, or, jaune, rouge ou noir). La teneur en eau en final est toujours voisine de 10 %.

4 - Nouveau procédé : la fermentation anaérobie

La fermentation anaérobie est utilisée dans la fabrication du vin et de la bière. Pour le café elle consiste à réaliser la fermentation de la cerise de café dans un endroit exempt d'oxygène. Cet environnement à teneur élevée en dioxyde de carbone crée des profils de goûts complètement différents des autres méthodes de fermentation.

L'étape de la **fermentation** (aérobie ou anaérobie) est une première transformation du café au cours de laquelle des bactéries et des levures modifient la composition du fruit. Elle permet d'abord d'éliminer le mucilage qui entoure la parche et doit être parfaitement maîtrisée pour ne pas engendrer de défauts majeurs, comme un goût de pomme de terre, d'oignon ou de pourri. Le choix de la méthode de fermentation va déterminer la qualité de la tasse. La fermentation a un impact majeur sur les notes aromatiques, le niveau et le type d'acidité. Recueilli, lavé puis séché c'est ainsi qu'il est souvent commercialisé avant d'être torréfié.

La torréfaction de la drupe : un « art » qui conditionne, avec la variété, la qualité de la boisson

La torréfaction d'une durée de 10 à 15 minutes est un ensemble d'opérations délicates au cours desquelles les grains subissent des modifications de leurs propriétés physiques (couleur, texture) et de leurs potentialités aromatiques. Les grains verts sont introduits dans un torréfacteur qui est un four chauffé en rotation.



En fonction de la température et du temps s'en suivent des modifications : au cours des 10 premières minutes, **entre 100 et 150 °C**, les grains perdent leur couleur verte et jaunissent. **Aux environs de 170 °C** leur teinte évolue au brun clair, puis au brun **à partir de 180 °C** et enfin au brun foncé aux **environs de 215 °C**. Les réactions de caramélisation impliquant leurs sucres et des composés aminés (réactions complexes de Maillard) génèrent des composés aromatiques nombreux et complexes.

Le grain a perdu 20 % de son poids initial (perte d'eau surtout) et a augmenté de taille sous les effets de gaz produits dans traitement thermique. Quand un crépitement se produit, la torréfaction est immédiatement arrêtée par un refroidissement, ce qui évite la carbonisation.

Une mise au repos des grains torréfiés, d'une durée de deux à trois jours, permet un bon dégazage avant le conditionnement. Plus la durée de torréfaction est courte et plus le grain sera de couleur claire. Plus cette durée est longue et plus le grain sera foncé, jusqu'au noir, donnant ensuite un café corsé avec une amertume prononcée.



Les composants du café boisson

(après extraction par l'eau chaude : extraction solide / liquide).

Le café boisson contient de nombreuses substances solubilisées et entraînées par l'eau chaude à partir du grain torréfié et moulu.

Il s'agit, entre autres, de la **caféine** (*une tasse de 3,5 cl de café infusé contient entre 10 et 25 mg de caféine, un café espresso en contient environ 40 mg*), des **alcools diterpènes** et des **composés phénoliques** connus pour leurs effets antioxydants.

Le café contient plus d'une **douzaine de composés bioactifs**, la plupart formés durant le processus de torréfaction (rôtissage) du grain.

Plus de **800 substances volatiles** correspondant à environ 0,1 % de la masse totale ont été identifiées. Elles contribuent à l'odeur et au goût du café.

Le café conventionnel est l'un des aliments les plus traités chimiquement au monde. Il est souvent imprégné d'engrais, de pesticides, d'herbicides, de fongicides et d'insecticides....

La caféine

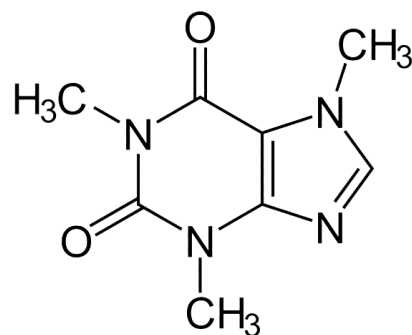
Teneur en caféine de quelques produits

Café filtre 1 litre	600 - 800 mg
Café décaféine 1 litre	5 - 25 mg
Café expresso 1 litre	1600 - 2300 mg
Chocolat noir 1 barre de 45 g	30 mg
Chocolat au lait 45 g	10 mg
Thé vert 1 litre	600 - 800 mg
<i>Coca cola</i> 1 litre	130 mg
<i>Red Bull</i> 1 litre	350 mg

L'effet stimulant et psycho-actif

Un **stimulant** est une substance qui accroît l'activité du système nerveux central en facilitant et/ou améliorant certaines fonctions du corps humain. Parmi les stimulants communément consommés, on trouve la **caféine** présente dans le café, le chocolat et le thé, ou encore la **nicotine** présente en grandes quantités dans le tabac

La **caféine** qui est d'origine naturelle, appartient à la famille chimique des méthyl-xanthines.



La **caféine** présente dans le café est un **stimulant** et un **psychostimulant**.

Son ingestion se traduit par des améliorations des **performances physiques**.

Elle entraîne une **accélération du rythme cardiaque**, une **augmentation de l'amplitude des contractions** et une **vasodilatation**. L'augmentation du débit cardiaque générée entraîne une augmentation de la tension qui entraîne à son tour une dilatation des artères coronaires. Elle présente également des effets au niveau des muscles squelettiques, des **systèmes respiratoires et gastro-intestinal**. Par ailleurs, elle agit au niveau du flux sanguin rénal (elle induit une **augmentation de la diurèse**), de la glycolyse.

La caféine absorbée traverse rapidement la barrière hémato-encéphalique et agit dans le cerveau comme antagoniste des récepteurs à l'adénosine en les bloquant. Il en résulte une augmentation de l'activité nerveuse avec libération d'**adrénaline** et augmentation de la synthèse de **dopamine**.

La caféine agit en moyenne au bout de 30 à 60 minutes et se dissipe au bout de 3 à 5 heures.

Toutes ces propriétés de la caféine se traduisent par des améliorations des performances physiques. La caféine peut aussi provoquer une certaine amélioration de l'humeur, du niveau d'éveil et des performances intellectuelles.

L'arrêt de la consommation habituelle ou un simple oubli de prise provoque des **symptômes de sevrage** qui se traduisent par de la fatigue, des céphalées, et parfois un état dépressif.

L'effet diurétique de la caféine

Il implique l'antagonisme des récepteurs A1 de l'adénosine à différents niveaux : la caféine augmente le taux de filtration glomérulaire par inhibition de la vasoconstriction de l'artériole afférente lors du réflexe tubulo-glomérulaire ; la caféine inhibe la réabsorption sodée par le tube contourné proximal, ce qui augmente la diurèse ; et enfin la caféine inhibe le réflexe hépatorénal *via* les terminaisons nerveuses des espaces de Mall.

Métabolisme de la caféine

La caféine du café ou d'autres boissons est absorbée au niveau de l'estomac et de l'intestin grêle et répartie dans tous les tissus du corps par la circulation sanguine. Elle est éliminée selon une cinétique d'ordre 1 ce qui permet d'extrapoler les variations de sa concentration en fonction du temps.

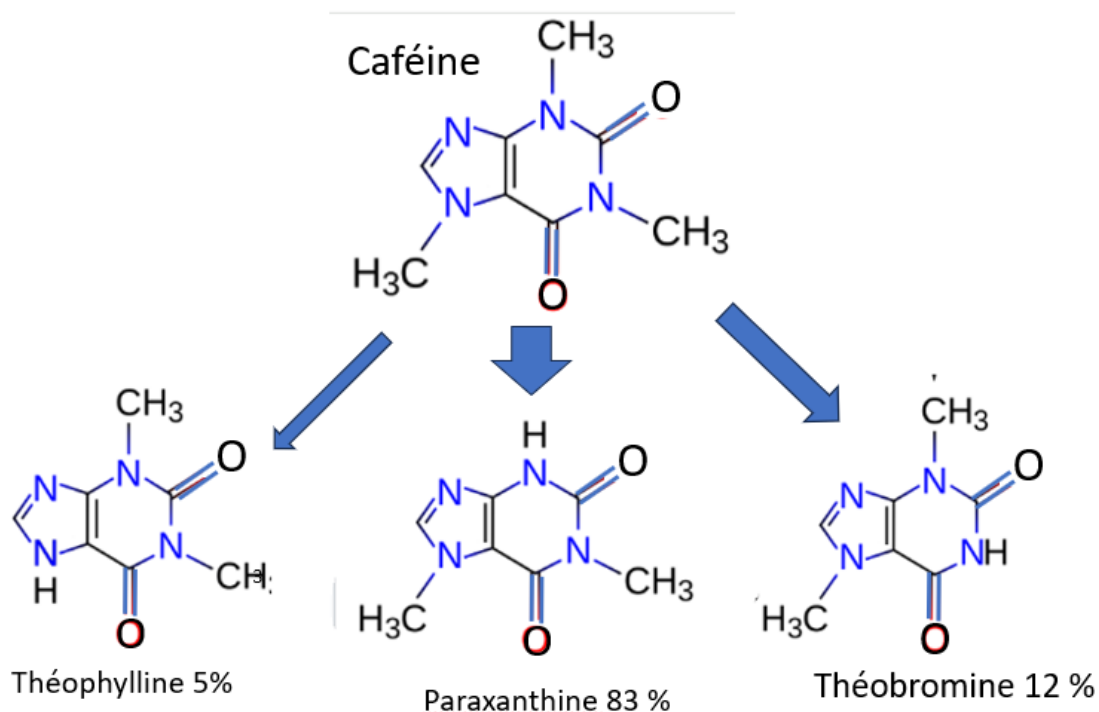
La demi-vie de la caféine (*la durée nécessaire au corps pour éliminer la moitié de la quantité initiale*) **est de 2 à 12 heures** (4 à 6 heures en moyenne). Elle varie avec de nombreux facteurs parmi lesquels de l'âge du consommateur, son état de santé...

La caféine est catabolisée par le foie grâce au système enzymatique cytochrome P450. Trois métabolites actifs apparaissent (théophylline, théobromine et paraxanthine).

La paraxanthine accroît la lipolyse avec comme conséquence une augmentation significative des concentrations plasmatiques de glycérol, d'acides gras.

La théobromine augmente la diurèse et induit une vaso-dilatation. Elle est le principal alcaloïde du cacao et donc du chocolat.

La théophylline induit une relaxation des muscles lisses des bronches.



Chacun de ces métabolites est à son tour métabolisé puis excrété dans les urines.

Toxicité de la caféine

La « dose toxique » de la caféine est approximativement de 15 mg/kg de poids corporel/jour ou 100-250 mg en moins de 2 h. À partir de 5 à 10 g absorbés sur une courte période (*erreur de dosage de caféine pure en poudre par exemple*), la dose peut être létale.

Les cafés décaféinés

Le « déca » est un café dans lequel plus de **95 % de la caféine ont été extraits**. La teneur en caféine de la tasse passe ainsi de 70 - 140 mg pour un café normal, à 0 - 7 mg pour un café décaféiné. Le café décaféiné a été proposé au début du XX^{ème} siècle. **Néanmoins, décaféiner un café en conservant ses propriétés organoleptiques est difficile.**

La première méthode extrayait la caféine par l'eau (méthode abandonnée aujourd'hui car le produit est très altéré) ; puis ce sont des **solvants** qui ont été utilisés ; c'est cette méthode chimique qui est la moins onéreuse et la plus rapide. Les solvants utilisés sont l'acétate d'éthyle ou le chlorure de méthylène. Ces méthodes sont abandonnées en raison

de la toxicité des solvants. Il faut appliquer un traitement à la vapeur d'eau avant et après traitement.

La **méthode au CO₂ supercritique** est aujourd'hui celle qui préserve le mieux les qualités du café. Elle permet d'éliminer plus de 99 % de la caféine mais reste onéreuse.

Le dioxyde de carbone sous forme liquide est passé au travers des grains de café à des pression et température spécifiques, ce qui lui permet de pénétrer profondément les grains et dissoudre la caféine. Il s'agit d'une technique saine qui n'utilise pas de produits chimiques, le gaz étant éliminé après extraction.

Consommation de cafés. Excès, effets et recommandations

Aujourd'hui plus de 5 % de la population adulte excède le seuil au-delà duquel une toxicité chronique plus générale est suspectée.

L'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments recommande une consommation limitée de 6 à 8 tasses de café par jour, maximum pour un adulte en bonne santé, soit environ 400 mg de caféine.

La consommation mondiale de caféine a été estimée à 120 000 t/an, ce qui en fait la substance psychoactive la plus répandue et la plus consommée au monde.

Les méfaits les plus communs, quel que soit le nombre de café par jour ou la variété (Robusta, Arabica), sont :

- 1) **L'insomnie et l'agitation**
- 2) **Les maux de tête**
- 3) **Les reflux gastriques acides.**

Probablement

La caféine aiderait à faire maigrir... et le café contribuerait à éliminer les graisses !

Le café préviendrait contre le diabète de type II : une hypothèse sérieuse ?

Il serait efficace contre les maux de tête et douleurs

Sans imiter Honoré de Balzac qui buvait 50 tasses de café par jour, le café du matin pour lancer de façon tonique sa journée, le café pour clore le déjeuner, voilà deux étapes bien appréciées de notre vie.

En conclusion : les bienfaits du café sont nombreux

1 - Le café est une bonne source d'antioxydants : effets anti-âge

2 - Il amplifie notre concentration et stimule l'attention

3- Il constitue un apport nutritif non négligeable : vitamines et de minéraux pour l'organisme

4 – Il est une excellente boisson pour les sportifs

5 - Qui plus-est : le café aide à digérer (et est diurétique) Et enfin :

Le café, c'est bon ! Une vraie source de plaisir et de réconfort !

Le thé

Le théier

Le théier, appelé parfois simplement thé, est une espèce de plantes à fleurs de la famille des Thécées. C'est un arbuste originaire d'Extrême-Orient. Il est largement cultivé pour ses feuilles qui une fois séchées et plus ou moins oxydées, servent à la préparation d'une infusion.



Le Théier, arbuste décoratif et facile à cultiver forme un **buisson dense de 2 à 2,50 m de hauteur** et s'étalant sur 1 m de largeur. Les fleurs du théier, sont blanches et mesurent environ 2,5 à 4 cm de diamètre.

Cet arbuste de la famille des camellias ne doit pas être confondu avec l'arbre à thé ou tea tree (Melaleuca alternifolia) qui est un arbre de la famille des Myrtaceae originaire d'Australie.

Blanc, vert ou noir, quel qu'en soit la couleur, les thés sont issus de la même plante : ***Camellia sinensis***, signifiant littéralement « camélia de Chine » en hommage à son berceau géographique.

La récolte

Dans les cultures de thé, les cueilleurs récoltent manuellement (ou mécaniquement) les jeunes pousses qui se développent sur les théiers.

À l'inverse des vendanges, le thé est une culture pérenne qui permet sa récolte tout au long de l'année, par cycles de quatre à quinze jours.

Séchage

Après leur récolte les feuilles sont soumises à un séchage qui permet d'arrêter les réactions d'oxydation (brunissement enzymatique, polyphénol-oxydases...) et assure un bon entreposage. Ce séchage est qualifié de dessiccation.



Cette opération est essentielle pour assurer une bonne qualité à la boisson.

Si le séchage est insuffisant, les feuilles moisiront rapidement. À l'inverse, une dessiccation intense fera disparaître de nombreuses substances qui auraient contribué au goût.

Le séchage idéal est atteint quand le taux d'humidité des feuilles atteint les 2-3 %. Le séchage des feuilles peut se faire en extérieur, au soleil (pratiqué surtout pour la production de thé puerh) ou à l'aide de machines qui insufflent de l'air chaud.

La préparation du thé

Environ 2 g de thé sont infusés dans 10 à 12 cl d'eau, volume moyen de la tasse.

Des sachets « dosés » et des dosettes ou cuillères doseuses sont utilisés.

Plus la durée de l'infusion augmente, plus le thé risque d'être amer.

Un juste **équilibre entre la durée et la température** permet d'en satisfaire le goût. Il n'est pas très souhaitable de verser de l'eau bouillante sur les feuilles de thé.

Chaque thé ayant un caractère qui lui est propre, il est assez difficile d'établir des généralités sur les règles d'infusion. A chacun son thé !

Il ne faut pas utiliser **l'eau du robinet** chlorée qui modifie lourdement la saveur. Il est conseillé d'utiliser une eau filtrée avec des systèmes simples comme les pichets ou carafes filtrantes.

Il est préférable d'utiliser des eaux minérales ou de source les moins chargées en minéraux.

L'infusion :

Thé vert : 2 à 3 min pour une eau à 70°C-75°C

Thé noir : 4 à 5 min pour une eau à 80°C-90°C

Thé Blanc : 5 à 8 min pour une eau à 70°C

Mélanges de thés : se baser sur le plus fragile (exemple, mélange Vert et Noir : 3 min, eau à 70°C).

Thé Oolong et Pu Erh : 5 à 7 minutes (ou plusieurs infusions successives avec les mêmes feuilles, comme cela est pratiqué dans la cérémonie Chinoise du Gun Fu Cha) pour une eau à 95°C ;

Quelques types de théières, chacune disposant de ses avantages...

Les **théières en terre cuite**, les **théières en céramique** ou encore les **théières en fonte** permettent de bonnes préparations.

Les **théières en métal** sont par contre à proscrire, sauf celles qui sont émaillées. En effet, les alliages contenant du fer auront une forte tendance à renforcer l'amertume de votre thé et pourront également donner un goût très désagréable à votre thé.

Faciles à utiliser Les sachets de thé à immerger contiennent de 1,5 à 2 g de thé séché.



Composition du thé

Les feuilles de thé contiennent des **milliers de composés** chimiques qui après récolte et séchage donnent de nouveaux dérivés. L'infusion des feuilles libère des centaines de composés solubles volatils et non volatils qui contribuent à l'appréciation de la boisson.

Les parois des cellules des feuilles constituées de polysaccharides insolubles (celluloses, hémicelluloses, pectines) ne jouent pas un rôle majeur dans la qualité du thé boisson si ce n'est que par leur perméabilité au moment de l'infusion.

Les **feuilles de thé** fraîchement récoltées ont une composition très complexe, avec des **protéines** (15 et 20 % du poids sec), des **glucides solubles** (5 à 7 %) et **insolubles** (15 à 22 %), des **minéraux** (3 à 5%), des **acides aminés** (1 à 4 %), des **polyphénols (30%)**, des **alcaloïdes (3%)**, des **pigments** (0,1%) et des éléments à l'état de traces (composés volatils).

Les glucides du thé

C'est lors de la photosynthèse que les plantes synthétisent des composés qui stockent l'énergie dont la plante aura besoin pour son développement (amidon, saccharose, glucose, ...). Des polymères glucidiques complexes insolubles dans l'eau sont impliqués dans les structures cellulaires des parois (celluloses, hémicelluloses, pectines).

Dans le thé, les glucides « simples » sont impliqués dans le métabolisme de la plante et en particulier dans des réactions enzymatiques qui ont lieu au cours de l'oxydation. Ils participent ainsi à la synthèse de composés polyphénoliques.

Les glucides solubles contribuent à la douceur au thé.

Les protéines du thé

Il existe de très nombreuses protéines fonctionnelles dans la feuille de thé. Elles contribuent à l'ensemble des réactions du métabolisme.

Parmi les nombreuses enzymes présentes, la polyphénol oxydase (PPO ou tyrosinase) joue un grand rôle dans la feuille de thé en étant à l'origine du brunissement enzymatique des feuilles.

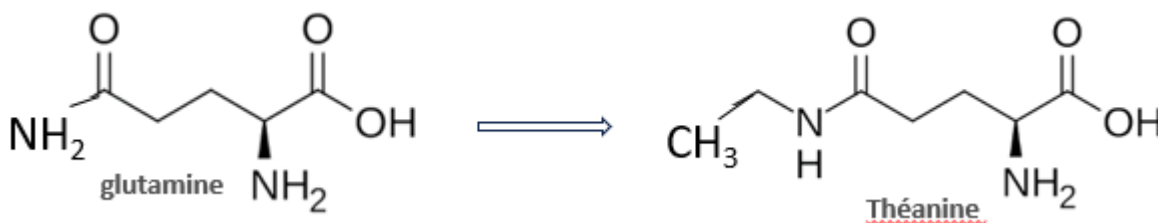
La cassure des parois de cellules des feuilles après récolte permet la mise en contact de cette PPO avec ses substrats (les polyphénols) et l'oxygène. Ces enzymes sont dénaturées par la chaleur, ce qui inhibe le brunissement qualifié d'enzymatique.

Si la structure de la feuille est préservée, ces oxydations ne se produisent que très peu et le thé reste alors de couleur verte.

Les acides aminés du thé – La théanine psychotrope

Les végétaux ont des teneurs en acides aminés libres relativement élevées. Glutamine et asparagine sont généralement abondantes. Une particularité du thé est la présence de **théanine** qui est très abondante dans ce végétal et confère à la boisson son goût umami.

La teneur de ce composé dérivé d'acide aminé (glutamine) présent dans les feuilles de thé vert est de **1 à 2%** de leur poids sec.



Découverte dans les années 2000, elle est aujourd'hui employée pour ses bienfaits naturels.

À ne pas confondre avec la théine, la **théanine** possède des propriétés relaxantes. Des études ont démontré qu'elle était directement impliquée dans la **diminution du stress, des angoisses** grâce à une action directe sur notre système nerveux. La **théanine** module l'activité du glutamate, favorise le GABA, ce qui a pour effet d'aider à apaiser le rythme cérébral et le système nerveux. Elle améliore les capacités cognitives ainsi que la qualité du sommeil. Elle fait aujourd'hui l'objet de nombreuses recherches.

Après son ingestion orale, elle est absorbée dans l'intestin grêle et est transformée en L-glutamate et éthylamine dans l'intestin et par le foie, participant ainsi à la synthèse du glutamate.

Son ingestion par supplémentation à raison de 200 – 400 mg par jour permet de réduire stress et anxiété sans toutefois pouvoir se substituer à la thérapeutique du traitement de ces pathologies.

Les minéraux du thé (3 à 5 %)

La composition en minéraux des feuilles de thé varie avec de très nombreux paramètres (variété, récolte, séchage...).

Le thé est riche en minéraux dont plus de 40 ont été isolés : manganèse, arsenic, aluminium, fer, nickel, sélénium, iode, potassium, fluor... Le fluor connu aussi pour son action préventive contre la carie dentaire reste nocif absorbé en trop grande quantité. Il est à noter que ce dernier est stocké en plus grande quantité par les feuilles les plus âgées du théier, et se retrouve donc en plus grande concentration dans les cueillettes grossières qui composent les principaux thés en sachet ou bas de gamme du commerce.

Les pigments du thé

Comme dans la plupart de feuilles de végétaux, il existe deux groupes principaux de pigments dans les feuilles de thé frais : les chlorophylles et les caroténoïdes.

Ces pigments évoluent au cours après récolte en s'oxydant en composés complexes sombres, les phéophytines brunes.

Les caroténoïdes de couleur orange et les xanthophylles jaunes participent également à la couleur des feuilles de thé.

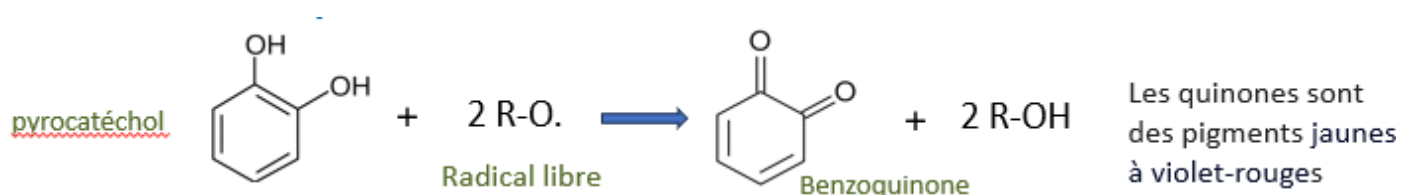
Les polyphénols du thé, antioxydants remarquables

Composants très importants du thé, ils sont extraits pour la plupart au cours de l'infusion.

Les polyphénols sont des métabolites produits par les plantes. Utiles à la pollinisation en attirant certains insectes, ils peuvent constituer des moyens de défense contre d'autres insectes ou parasites. Ils contribuent à la sensation d'**astringence** du thé en combinaison avec les glycoprotéines de la salive.

C'est au niveau des bourgeon et les premières feuilles que leur concentration est la plus élevée.

Les polyphénols et la réaction d'anti-oxydation



Leur nombre est estimé à plus de 30 000.

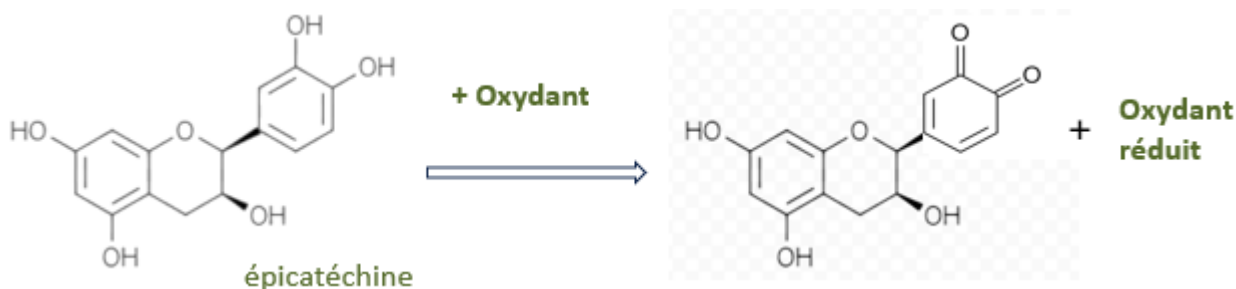
Comme bien des feuilles de plantes, celles de thé contiennent des milliers de substances actives dont les plus importantes appartiennent à la catégorie des **polyphénols** avec comme composés majeurs aux structures complexes comme les **catéchines**, les **théaflavines** et les **théarubigines**.

En fonction de la nature de ces composés, il existe une grande diversité de thés. Ces molécules souvent glycosylées (aglycones comme épicatechine et catéchine) pour les variétés les plus anciennes, elles sont sous formes d'esters pour les variétés plus récentes.

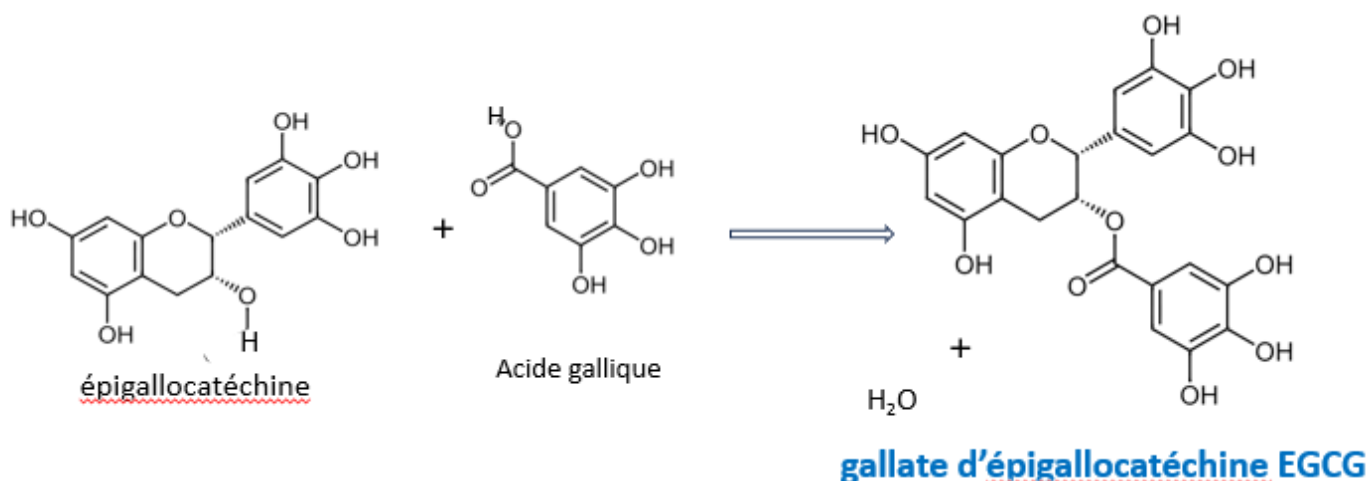
Le thé vert est aujourd'hui le plus riche des thés en antioxydants : une tasse apporte entre 200 et 300 mg de polyphénols, soit trois fois plus qu'un verre de jus d'orange. Ce thé séché rapidement et ne subissant ni fermentation ni l'action des polyphénols oxydases, conserve ainsi tous ses polyphénols actifs.

1 - Les catéchines

De formule chimique brute $C_{15}H_{14}O_6$, elles possèdent des isomères et se distinguent par leur capacité à piéger les radicaux libres. Elles contribuent fortement aux propriétés antioxydantes des thés.



Le gallate d'épigallocatechine (EGCG) est l'ester de l'acide gallique et de l'épigallocatechine. Ce **flavonol est l'antioxydant le plus abondant du thé**. Il est surtout présent dans le thé blanc et le thé vert. Ces flavanols sont convertis en théaflavines et théarubigines lors de la fermentation des feuilles et donnent un thé noir.

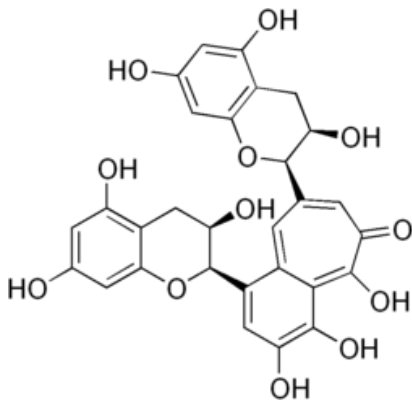


Le gallate d'épigallocatechine a sa structure modifiée à haute température par des réactions d'épimérisation complexes mais très lentes, ce qui permet à ce polyphénol de rester stable même dans l'eau bouillante pendant plusieurs minutes.

2 - Les théaflavines

Les théaflavines sont, avec les théarubigines, les principaux polyphénols du thé noir.

Les feuilles de thé en contiennent de 5,6 à 6 % par rapport au poids sec



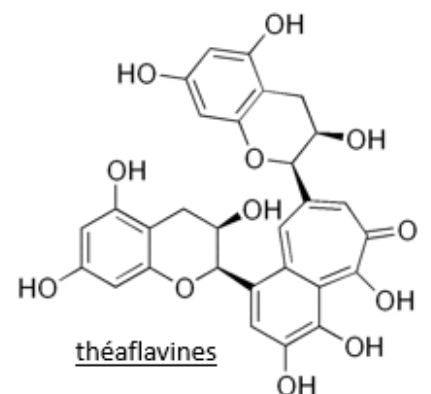
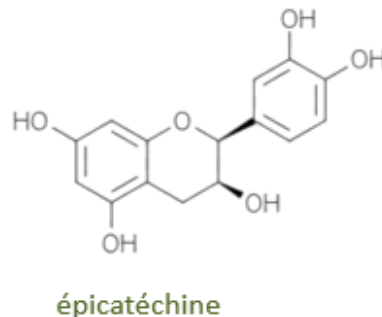
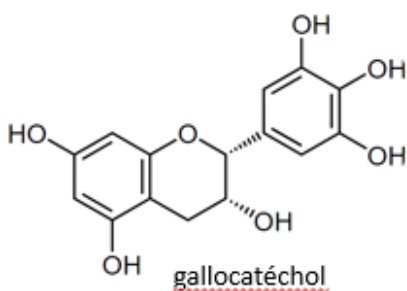
3,4,5-trihydroxy-1,8-bis[(2R,3R)-3,5,7-trihydroxy-2-chromanil]-6-benzo[7]annulénone

3 - Les théarubigines



Les **théarubigines** résultent de la polymérisation de dérivés quinoniques qui se forment lors de l'oxydation par des polyphénoloxydases (tyrosinase) du gallate d'épigallocatechine et de l'épigallocatechine lors de la fermentation aérobie du thé noir.

Ce sont les théarubigines de **couleur rouge** qui donnent leur teinte aux thés « noirs »; les thés verts ou blancs qui contiennent moins de ces composés oxydables, ont une teinte bien plus claire. La couleur rouge des thés noirs résulte également d'autres composés, tels que la théaflavine, une autre forme oxydée de polyphénols.

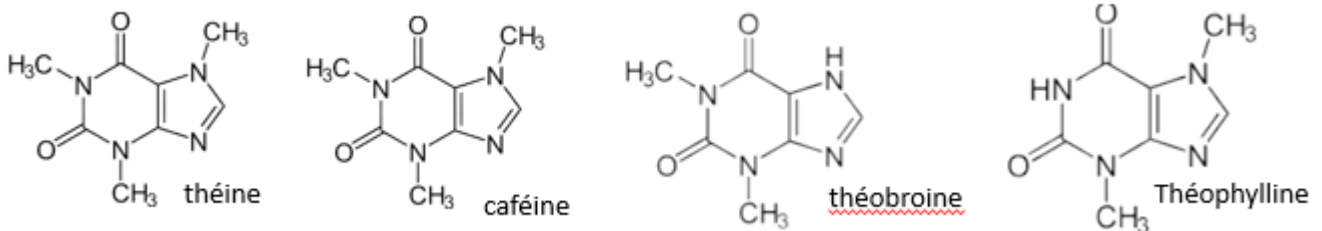


Les alcaloïdes du thé

Découverte en 1827 par Oudry dans la boisson thé, c'est en 1898 que les chimistes ont montré que la **théine** n'était autre que la **caféine** qui avait été découverte en 1820 par Runge.

Les alcaloïdes du thé comprennent, avec la caféine, deux composés de structure proche : la **théobromine** et la **théophylline**.

Le théier synthétise ces substances chimiques comme répulsif naturel contre les attaques des insectes et des autres animaux.



Teneur en caféine de quelques produits

Thé vert 1 litre

600 - 800 mg

La teneur en théobromine de tous les thés est faible, généralement inférieure à 2,5 mg pour 100 g.

Café décaféiné 1 litre	5 - 25 mg
Café expresso 1 litre	1600 - 2300 mg
Café filtre 1 litre	600 - 800 mg
Chocolat noir 1 barre de 45 g	30 mg
Coca cola 1 litre	30 mg
Red Bull 1 litre	350 mg

La teneur en caféine des thés dépend de très nombreux facteurs : de son origine géographique, de la feuille utilisée : le bourgeon et les premières feuilles en sont riches, de la saison de la récolte : les thés primeurs riches en bourgeons sont les plus riches en théine, de la durée d'infusion : la théine est une des premières substances dissoutes lors de l'infusion (50% de la caféine sont extraits en 3 minutes).

Une infusion de 3 minutes permet d'en extraire 80%, ce qui engendre de l'amertume.

Pour obtenir un thé à faible teneur en théine, thé, il faut infuser pendant 20 secondes au maximum et éliminer cette première infusion ; la deuxième phase d'infusion sera presque entièrement dépourvue de théine.

La caféine à effets psychotropes

(cf chapitre caféine du café, pages 5 – 10)

Le thé boisson - composition

Les composants caractéristiques de la boisson thé varient d'un thé à l'autre (variété, mode de récolte,...). Il s'agit de composés de la feuille qui sont hydrosolubles à température voisine de 70°C.

Infusé, 1 litre de thé contient :

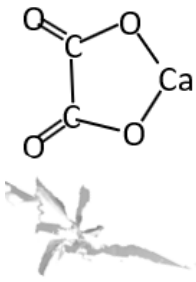
1 g de **protéines**, 70 mg de **lipides** (dont 40 mg d'acides gras polyinsaturés), 3 à 8 g de **glucides** solubles, 1 à 3 g de **minéraux** tels que potassium (255 mg), magnésium (20 mg), sodium, phosphore, iode, calcium (2 mg), manganèse, zinc, cuivre, fer, sélénium (0,5 µg), des **vitamines** B (B3/niacine, 1 mg, B2/riboflavine (0,15 mg), B5/acide pantothénique (0,11 mg), B9/folates (49,5 µg), des **polyphénols**, des **alcaloïdes**, des composés volatils, des pigments

Les composés volatils du thé boisson

Avec des techniques analytiques aujourd'hui très performantes, plus de **700 composés volatils** du thé boisson ont été identifiés. Ils contribuent à la **saveur et à l'arôme**. Leur nature est très liée à la variété de thé et à de nombreux autres paramètres. Il est possible d'attribuer la flaveur perçue lors de la boisson du thé à certains molécules comme par exemple :

- note florale : alcools monoterpéniques
- goût herbacé : aldéhydes comme l'héxanal et l'héxénal
- Arôme fruité : hexénol, linalol, nérolidol, benzaldéhyde, salicylate de méthyle,...
- Arômes floraux : géranol et phénylacétaldéhyde
- Sensation de douceur : linalol et oxyde de linalol
- Fraicheur : trans-2-héxénal, n-héxanal, cis-3-héxénol et b-ionone
-

Effets « négatifs » du thé



Les thés noirs et certains thés verts riches en **oxalate** peuvent contribuer à la formation de calculs rénaux constitués d'oxalate de calcium insoluble chez les personnes y étant prédisposées.

Cela ne doit pas empêcher les amateurs de thé de renoncer à cette boisson.

Les alcaloïdes sont responsables de l'amertume dans l'infusion de thé.

La théine (caféine) en grande quantité empêche l'organisme de bien **absorber le fer**.

Une infusion prolongée augmente la quantité de caféine libérée dans la boisson, ce qui peut entraîner des effets indésirables tels que **l'insomnie ou les palpitations**.

Effets « positifs » du thé

La théine aux concentrations de la boisson a des effets bénéfiques pour la santé. Elle permet de réduire l'anxiété, d'augmenter la concentration et l'énergie, de stimuler le système nerveux central pour améliorer la vigilance, d'améliorer l'humeur et créer un sentiment d'euphorie.

Le thé est plus efficace que le café en ce qui concerne la concentration intellectuelle : les deux contiennent suffisamment de caféine pour favoriser les performances, mais le thé n'en contient pas suffisamment pour perturber le sommeil, contrairement au café.

Une tasse de thé contient 2 à 3 fois moins de théine qu'une tasse de café : 35 à 60 mg de caféine dans une tasse de thé de 180 ml contre 100 mg pour une tasse d'Arabica et 200 mg pour une tasse de Robusta.

Cette boisson est justement appréciée dans de très nombreux pays et fait l'objet de rites ancestraux (le tea time...). Il existe aujourd'hui de très nombreux thés qui sont mis à disposition des consommateurs et leur permettent ainsi de satisfaire leurs attentes.

Le chocolat

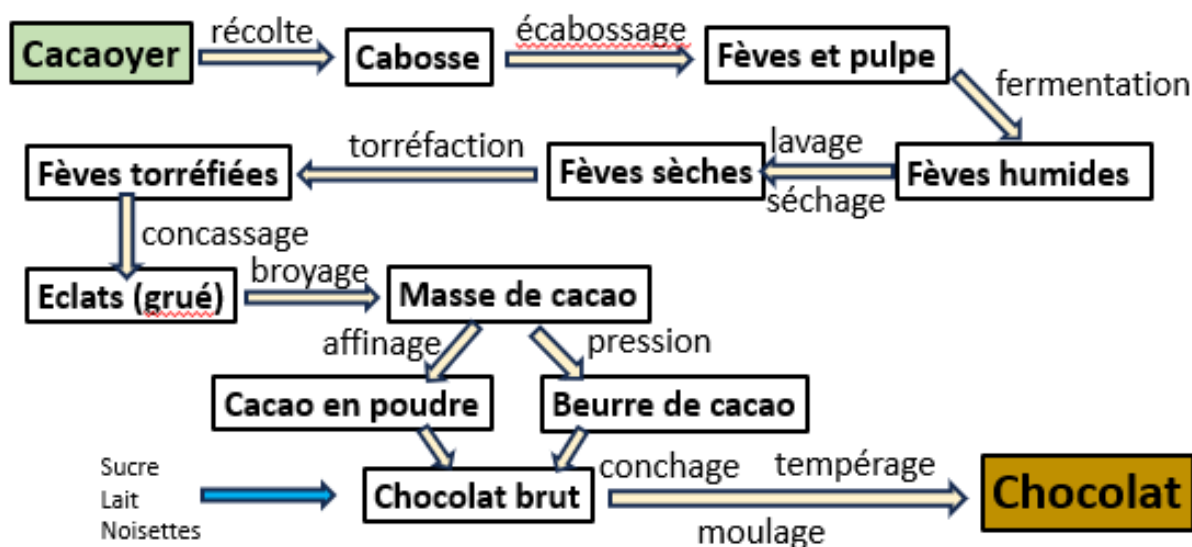
Le cacaoyer



Le **cacaoyer**, aussi appelé cacao ou cacaotier est un petit arbre à feuilles persistantes du genre *Theobroma* de la famille des Sterculiacées, selon la classification classique, ou des Malvacées, selon la classification phylogénétique. Originaire du Mexique il fleurit tout au long de l'année. Ses fleurs sont blanches et roses, mais seule (une toute petite sur 500 environ) va donner des fruits.

Le plus cultivé des cacaos s'appelle **Forastero** et représente 79% des récoltes. Le **Trinitario** représente quant à elle 20% de la production de cacao. La variété **Criollo** est la plus rare puisqu'elle est aujourd'hui la moins cultivée, représentant seulement 1% des récoltes.

Fabrication : du cacaoyer au chocolat



Récolte des cabosses



Le cacaoyer (*Theobroma cacao*), produit des fruits appelés **cabosses** sur ses branches mais aussi sur son tronc. Pour les récolter, les producteurs doivent faire très attention à ne pas abîmer le cacaoyer. La récolte étant une opération délicate, la cueillette des cabosses se fait à la main.

Ecabossage



Chaque cabosse contient entre 16 et 60 fèves de cacao. Pour obtenir les fèves, il faut donc extraire le contenu du fruit : c'est l'**écabossage**.

Les fèves fraîches ont l'apparence de graines enveloppées d'une pulpe blanche et gluante, appelée mucilage. Toutefois, pour pouvoir les conserver et les utiliser, certaines transformations sont nécessaires (fermentation, séchage, torréfaction, ...).

Composition de la fève



Fèves chocolat blond



Fèves chocolat noir

La fève contient environ **50 % de matière grasse** : c'est le beurre de cacao : solide à $T^{\circ} < 33^{\circ}\text{C}$, fond si $T^{\circ} > 34^{\circ}\text{C}$, cassant et non collant à $T^{\circ} =$ ou $< 25^{\circ}\text{C}$ (température des doigts).

Les fèves sont aussi composées d'**eau** (5%), de protéines (20 %), de d'amidon (7 %), de cellulose (4 %), de minéraux (6 %), de la théobromine (2 %). Elles renferment certaines vitamines.

Consommation directe des fèves de cacao

La fève de cacao est à la base de la fabrication de chocolat, mais tout amateur d'amertume, de goût puissant et raffiné, consommera les **fèves de cacao crues** comme des **fruits secs**.

Ainsi, non transformées, les fèves conservent la totalité de leurs composants dont certains ont des effets bénéfiques pour notre organisme. Cependant, ces graines très amères, ne se substituent donc pas au goût du chocolat noir. Par ailleurs, certaines personnes sont allergiques au cacao cru.

La fermentation

La fermentation traditionnelle est réalisée sur des graines de cacao placées dans des compartiments en bois, appelés "**caisses à fermenter**", pendant environ 5 à 6 jours.

Il s'agit d'un processus microbiologique naturel qui permet la synthèse d'arômes à partir de précurseurs présents dans les fèves de cacao. Il s'y produit une hydrolyse des sucres lents

(amidon) par les bactéries puis des synthèses de nouvelles molécules : sucres plus simples, alcools (fermentation anaérobie) et acides (fermentation aérobie).



Le sucre est fermenté en éthanol par les levures, puis cet éthanol est transformé par les bactéries présentes en acide acétique. Ces microorganismes produisent en parallèle des acides organiques qui induisent une baisse du pH. Pendant ce processus, la température des fèves augmente jusqu'à 50°C ce qui est très favorable pour la croissance des microorganismes.

Au cours de cette opération, le mucilage qui entoure les fèves de cacao se décompose sous l'action des levures et des bactéries naturelles présentes. La fermentation permet par ailleurs d'arrêter la germination des graines.

La **fermentation est considérée** comme réussie si aucune mauvaise odeur n'en émane. Si une odeur désagréable apparaît il faut arrêter le processus et surtout ne pas consommer les graines.

C'est par la fermentation que sont générées des **notes aromatiques** appréciées telles que : **fruitées** (raisin, mangue, banane), **épicées** (cannelle, poivre), **florales** (fleurs blanches et roses, jasmin), **chocolatées** caractéristiques. Elle contribue à donner à la fève une couleur foncée. Elle a une incidence forte sur la texture de la pâte de cacao à venir.

Lavage et séchage

Le produit fermenté est ensuite lavé à l'eau puis séché (séchoirs).

La torréfaction



La torréfaction a une incidence majeure sur le goût du produit final. Des réactions complexes de Maillard se produisent au cours du processus : réaction très complexe entre sucre à fonction aldéhydique et composés à fonction amine.

Le chocolatier peut, selon ses objectifs, déterminer la bonne combinaison de temps et de température du processus appliqué aux fèves. Le plus souvent il s'agit d'un traitement de 15 à 30 minutes entre 120°C et 140°C. Cette étape, effectuée dans un **four traditionnel** ou dans un **torréfacteur** donne aux fèves une texture homogène, facilite le détachement de

leur enveloppe, modifie leur couleur, développe leur goût, permet d'amener leur humidité de 7 % à 2 % et élimine les derniers microorganismes.

Concassage et vannage

Après la torréfaction qui développe les premiers arômes du **cacao**, les fèves sont **concassées** dans une trémie équipée de rouleaux qui les broient grossièrement, les réduisent en éclats et décollent leur enveloppe. Ces éclats sont séparés des enveloppes par **vannage** : les éclats plus denses sont récupérés dans un bac tandis que les enveloppes plus légères sont aspirées et envoyées dans un autre récipient et partent au compostage.

Les éclats de la fève forment le **grué** riche en antioxydants.

Les chocolatiers utilisent de plus en plus le grué de cacao dans leurs recettes pour sa texture unique et son goût de cacao pur très intense. Son amertume est recherchée pour obtenir des saveurs uniques.



Broyage

Broyées à chaud entre des cylindres d'acier, les fèves se transforment en pâte de cacao. Chauffée à 100-110 °C, cette pâte devient liquide : c'est la liqueur de cacao.

Pressage et affinage

Le pressage sépare ensuite la partie liquide, le **beurre de cacao**, et la partie solide, le **tourteau**.

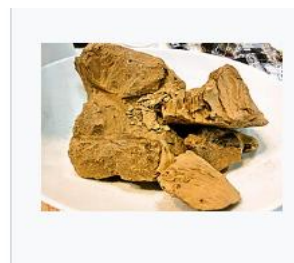
Le tourteau est passé à travers un tamis pour obtenir **la poudre de cacao**.



Pâte de cacao, obtenue par broyage et affinage des fèves.



Beurre de cacao, obtenu par pression de la liqueur de cacao.



Le résidu solide, appelé **tourteau**, est récupéré pour fabriquer du cacao en poudre.

Conchage

Cette opération est réalisée dans un broyeur-affineur soit dans une conche à des températures voisines de 70°C pendant une période pouvant aller de quelques heures à plusieurs jours. Ainsi le chocolat préalablement additionné souvent de sucre et éventuellement de lait en poudre, de noisettes, d'un émulsifiant..., améliore son arôme, son onctuosité, son homogénéité.

Des réactions chimiques complexes se produisent lors de cette procédure : l'amertume décroît, la teneur en eau tend vers zéro, et les particules de cacao se recouvrent du beurre de cacao.

La conche est une grande cuve, généralement en acier inoxydable, dans laquelle les paillettes de chocolat sont brassés par des bras mécaniques. Les paillettes se liquéfient par l'action de ce brassage long et minutieux. Cette étape de la fabrication du chocolat dure en effet entre 24 à 72 heures selon le type de chocolat et les origines du cacao. Le chocolat sort des cuves à une température de 60 à 70°C. Il est ensuite stocké dans des cuves à 45°C.



Dans la fabrication du chocolat, il peut être réalisé après la torréfaction et est à différencier du broyage des fèves de cacao qui permet de les transformer en pâte de cacao.



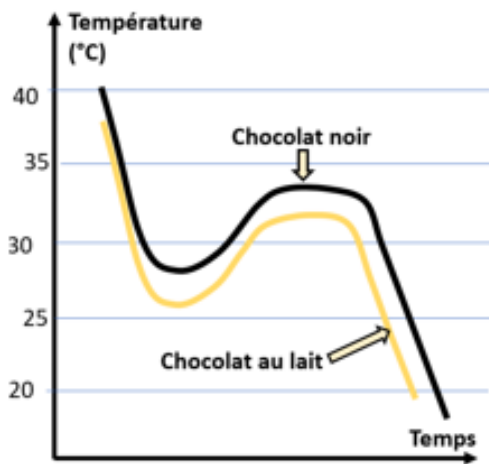
Ainsi, il est tout à fait possible de produire du chocolat dit non-conché. Il n'en sera pas moins du chocolat du moment où l'on ajoute du sucre à la pâte de cacao grossièrement broyée.

Tempérage Moulage

Le tempérage est un processus permettant de modifier la structure cristalline du chocolat. Les formes cristallines du beurre de cacao sont d'abord détruites par un premier chauffage (35 à 45°C pour le chocolat noir), puis reformées en refroidissant le chocolat rapidement (28 °C pour le chocolat noir), puis à nouveau détruites par augmentation de la température (32 °C maximum pour le chocolat noir). Ensuite, il doit être refroidi le plus rapidement possible autour de 20 °C.

Ce tempérage qui consiste donc à chauffer puis refroidir de manière contrôlée le chocolat lui donnera un aspect brillant, lisse et favorisera le démoulage facile, après introduction dans un moule.

Du point de vue physique, il s'agit d'abord d'obtenir très lentement la cristallisation des triglycérides à points de fusion les plus élevés ce qui permet d'éviter leur cristallisation rapide et en masse qui conduirait à un chocolat amorphe et collant.



1 cycle de chauffage et refroidissement

La première étape consiste à fondre le chocolat à 55°C, puis à le refroidir très lentement jusqu'à une température d'1°C au-dessus de la température de fusion ; des germes cristallins sont ainsi créés. Ensuite la température est augmentée de quelques degrés pendant quelques minutes pour supprimer les germes cristallins indésirables. C'est alors que le chocolat peut être coulé en moule ou en nappage.

Cette opération nécessite **plusieurs cycles de chauffage et refroidissement** du chocolat à trois températures précises (qui sont fonction du chocolat à travailler : noir, au lait ou...).

Moulage et conditionnement

Pour obtenir la forme ou le motif désiré, le chocolat tempéré est directement versé dans des **moules**, avant de le refroidir complètement et ainsi de le solidifier.

Les moules passent dans une machine appelée « tapoteuse » qui répartit le chocolat.

Des ingrédients comme des fruits secs peuvent alors être ajoutés. Les moules sont ensuite refroidis dans une enceinte ou un tunnel réfrigéré. Une fois refroidi et durci, le chocolat est démoulé.

Les tablettes de chocolat obtenues sont ensuite incluses dans du papier aluminium qui assure une bonne conservation, puis introduites dans un emballage papier ou carton.

Les bonbons, bouchées et pralines sont mis en boîtes. La composition des chocolats y est généralement indiquée.

Le moulage qui permet d'obtenir des formes extrêmement variées et l'emballage contribuent à l'attractivité.

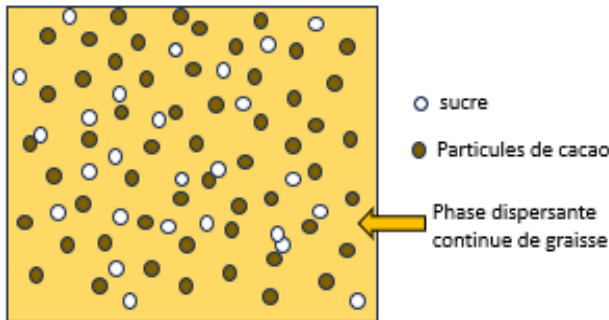
Propriétés physiques (**très complexes**) du chocolat

Elles conditionnent surtout la texture et l'onctuosité du chocolat

Le chocolat est une suspension de deux phases solides non miscibles :

- une **phase dispersée** qui est constituée de particules solides de saccharose (45%) et de cacao (20%). Ces particules doivent avoir une taille inférieure à 25 µm pour ne pas donner une texture sableuse au chocolat.

- une **phase continue** dispersante: constituée de lipides solides à des températures voisines de 30 °C ; c'est le beurre de cacao qui contient de nombreuses molécules aromatiques.
- La stabilité de cette dispersion dépend beaucoup de la viscosité de la phase dispersante et de stabilisants (émulsifiants)



Comme dans le cas d'une émulsion, il est nécessaire d'ajouter à la dispersion un liant permettant l'incorporation des molécules hydrophiles dispersées dans la phase continue de nature lipophile.

Cette stabilisation est réalisée par l'ajout d'un **tensioactif**, c'est à dire une molécule ayant des affinités à la fois avec l'eau, les graisses et à avec les sucres et le cacao. Le seul autorisé est la lécithine de soja (0,7% maximum). Pour les puristes du chocolat et anti-OGM, on peut aussi trouver de la lécithine de tournesol.

La lécithine (phosphatidylcholine) est un phospholipide.

Stabilité d'une suspension - émulsion

La **loi de Stokes** relie la vitesse de chute d'une sphère dans un liquide par l'action de la gravité. Cette loi est utilisée pour calculer la vitesse de sédimentation (séparation de phases), mesurer les viscosités des liquides, et analyser les particules en suspension.

$$v = \frac{2r^2g\Delta(\rho)}{9\mu}$$

v vitesse de chute
 r rayon de la sphère
 g accélération
 $\Delta(\rho)$ différence de densité des deux phases
 μ viscosité

Si la structure de cette dispersion / émulsion se déstabilise (diminution de la structure « solide » par perte de viscosité, ses composants dispersés « décantent » alors et remontent vers la surface en donnant une coloration blanche au chocolat.

Composition de la poudre de cacao non sucrée

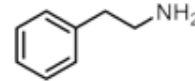
(g pour 100 g)

Eau	3
Glucides	40
Lipides	25-30
Protides	18-22
Minéraux	6,5
calcium	0,11
magnésium	0,45
potassium	1,6
phosphore	0,7
zinc	0,004
fer	0,013

Acide oxalique	0,5
Théobromine	2,3
Théophylline	0,3
Caféine	0,07
Vitamines en mg/100 g	
B1	0,12
B2	0,4
B3	2,8
B6	0,15
B9	0,04

Flavonoïdes
Phényléthylamine PEA
 Acides aminés essentiels
 dont le tryptophane

PEA : 0,4 à 6,6 µg/g. : composé d'amour (présent dans le cerveau des amoureux à des teneurs élevées, ce qui en a fait une légende responsable du « coup de foudre



Glucides

Teneur élevée en **amidon** dans la fève, transformé lors de l'étape de fermentation, mais aussi grande quantité de **saccharose** ajouté au cacao et au beurre de cacao pour faire le chocolat.

Protides

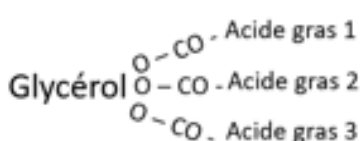
Bien que présents à une teneur élevée, peu étudiés, leur rôle dans le chocolat est mal connu. Leurs acides aminés jouent un rôle important en nutrition et leurs effets restent à étudier.

Lipides (matière grasse)

Le chocolat est très riche en lipides essentiellement des triglycérides (triesters de glycérol). Les acides gras les plus abondants dans le chocolat sont l'**acide palmitique** (C16), l'**acide stéarique** (C18), l'**acide oléique** (C18 ω 9), l'acide linoléique (C18 ω6).

Des nombreuses combinaisons possibles **glycérol – 3 acides gras** liés par une liaison ester donnent des triglycérides aux températures de fusion étalées.

Cependant la particularité du beurre de cacao est que seulement 3 triglycérides composent 80% des lipides totaux. La température de fusion est donc étalée dans une zone étroite : entre 34 et 35°C.



3 triglycérides composent 80% des graisses totales.

POP 15-40 % SOS 20-35 % POS 5-11 %

Lipides liquides 15-35 %

D'où la célèbre phrase utilisée autrefois par une certaine marque : **fond dans la bouche (36°C), pas dans la main (25°C)**.

Par ailleurs, la transition de phase solide → liquide s'accompagne par une absorption de chaleur (transformation endothermique). Un morceau de chocolat qui fond dans la bouche procure une sensation de froid.

Composés d'arômes

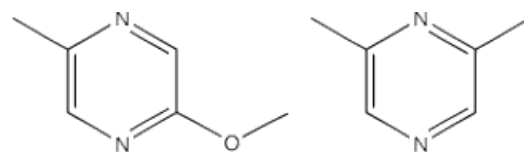
L'arôme caractéristique du chocolat résulte d'un subtil mélange de plus de **500 composés odorants**.

Initialement la fève de cacao contient de nombreuses molécules aromatiques, principalement des esters, alcools et acides qui sont à l'origine des notes florales agréables de certaines variétés de cacao.

Les **arômes post-fermentaires** apparaissent dans la fève après la récolte au cours de fermentation. C'est le cacaoculteur qui par sa maîtrise de cette opération, va ainsi générer **des précurseurs d'arômes**.

Les **arômes empyreumatiques** résultent pour l'essentiel du travail du chocolatier qui génère des composés d'arômes. C'est surtout au cours du traitement thermique de torréfaction que de nouveaux arômes apparaissent. La réaction extrêmement complexe de Maillard, initiée par la condensation entre un sucre réducteur et un composé aminé, molécules produites au cours de la fermentation. Elle est suivie par des réarrangements moléculaires et des condensations complexes et génère des centaines de molécules contribuant au goût et à la couleur du chocolat.

Ces composés aromatiques sont formés lors de la torréfaction par des condensations de Maillard et des réarrangements moléculaires complexes. Plus de 500 composés chimiques ont été identifiés dans l'arôme, c'est dire si le chocolat est un subtil mélange !



2-Méthoxy-5-méthylpyrazine 2,6-Diméthylpyrazine

Teneur en eau du chocolat

Cette teneur en eau est très faible et est voisine de 0,5 – 0,6 %. Elle confère au chocolat une très bonne stabilité vis-à-vis d'éventuelles contaminations microbiennes, l'activité de l'eau étant inférieure à 0,65.

Le chocolat contient des **composés polyphénoliques** aux propriétés antioxydantes .

Les différents chocolats

Définition simplifiée : Le chocolat est un mélange de cacao, de beurre de cacao, de sucre, avec pour certains types de chocolat, du lait et d'autres ingrédients destinés à lui conférer une certaine saveur (fruits secs, praliné, caramel, écorce d'orange, etc.).

Définitions légales :

Chocolat noir : doit contenir au minimum 35% de cacao. Ajouts : **sucre**.

Chocolat supérieur : doit contenir au minimum 43% de cacao. Ajouts : **sucre**.

Chocolat au lait : doit contenir au minimum 25% de cacao (en Union Européenne ; 10% aux USA). Ajouts : **lait** (poudre ou concentré), **sucre**.

Chocolat au lait extra fin : doit contenir au minimum 30% de cacao. Ajouts : lait (poudre ou concentré), sucre.

Chocolat blanc : beurre de cacao, lait, sucre, arômes. Il n'y a pas de poudre de cacao.

L'effet psycho-actif

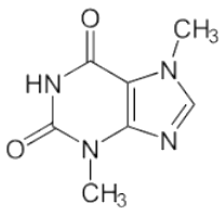
Le **cacao** contient 1,6 % de **théobromine** et 0,4 % de **caféine** dont les propriétés stimulantes sont bien connues. Ces molécules sont également présentes dans le café ou le thé.

Ensemble, ces substances permettent de **stimuler le système nerveux central et participent à l'éveil et à la tonicité**, ce qui améliore les performances musculaires.

Théobromine : 40 à 500 mg pour 100 g de chocolat.

Caféine : 10 -70 mg pour 100 g selon le chocolat.

La théobromine



La théobromine est un composé amer de la famille des méthylxanthines, présente dans le cacao et ses produits dérivés comme le chocolat. La théobromine du cacao n'est pas toxique chez l'humain consommateur de chocolat.

En dépit de son nom, elle ne contient pas d'atomes de brome. En grec théo = dieu et bromo = nourriture soit « nourriture des dieux » avec le suffixe « ine » attribué aux

composés contenant de l'azote. La théobromine absorbée traverse rapidement la barrière hémato-encéphalique.

En médecine, cet alcaloïde est utilisé en raison de ses **propriétés diurétiques, vasodilatatrices et cardiotoniques**. Des études scientifiques récentes ont montré qu'elle avait des propriétés broncho-dilatatrices et un effet antitussif comparable voire supérieur à la codéine par diminution, entre autres, de l'activité du nerf vague.

Par ailleurs la théobromine améliore nettement les performances musculaires.

En dermatologie, son pouvoir hydratant permet au niveau cutané une certaine rétention d'eau et retarde la déshydratation. La peau est plus douce et plus souple.

Toxicité de la théobromine

À dose très élevée, la théobromine est toxique. En effet, elle provoque des vomissements, des diarrhées, ainsi que des lésions hépatiques et rénales.

Cet alcaloïde est un facteur aggravant des reflux acides gastro-œsophagiens, car elle induit le relâchement des muscles du sphincter gastro-œsophagien, permettant aux acides gastriques d'accéder à l'œsophage.

La théobromine induit des mutations génétiques chez certains procaryotes (bactéries) et même chez les eucaryotes. Cependant aucun effet mutagène n'a été trouvé chez les humains. Elle n'est pas tératogène.

La théobromine est très toxique pour les chiens (toxique aussi chez d'autres animaux comme les chevaux ou encore les chats).

La dose létale de théobromine chez le chien est estimée entre 90 et 250 mg par kilogramme de poids corporel. Cela correspond à plus de 35 g de poudre de cacao pour un chien de 10 kg.

La caféine à effets psychotropes

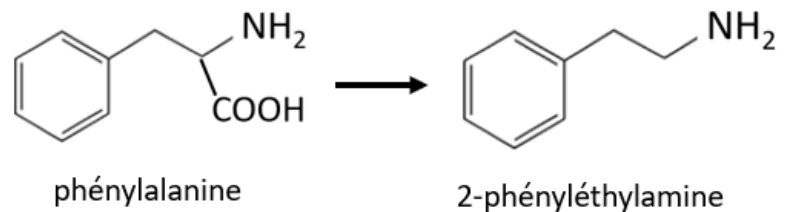
(cf chapitre caféine du café – pages 8 – 10)

Chocolat noir 1 barre de 45 g 30 mg

Chocolat au lait 1 barre de 45 g 10 mg

La 2-phényléthylamine (PEA) et dérivés.

PEA : : Le chocolat en contient **0,4 à 6,6 mg/g**. Ce composé *d'amour* (présent dans le cerveau des amoureux à des teneurs élevées) en a fait une légende responsable du « coup de foudre ».



C'est un alcaloïde monoaminé dérivé de la phénylalanine qui est un stimulant du système nerveux central chez l'humain. Elle est euphorisante. Dans le cerveau, elle régule la neurotransmission des monoamines. Appartenant de la famille des amphétamines, elle provoque notamment la perte du sommeil et de l'appétit. Elle est également à l'origine d'une forme d'**euphorie**, d'une **bonne humeur** constante, d'un **optimisme exacerbé**.

La phényléthylamine est en partie dégradée par la digestion. Ses **effets secondaires** nombreux sont connus : troubles cardiovasculaires, hypertension, troubles neuropsychiatriques, convulsions, un syndrome sérotoninergique (excès de sérotonine).

Chocolat santé

Les propriétés antioxydantes du chocolat

le chocolat contient de nombreux **polyphénols et flavonoïdes** dont les propriétés antioxydantes sont importantes (neutralisation de radicaux libres et diminution du stress oxydatif de nos cellules). Le chocolat noir renferme 0,80 % de polyphénols (0,50% dans le chocolat au lait, 0,30% dans le thé vert, 0,15% dans le vin rouge). Ces composés contribuent à ralentir le vieillissement, mais peut-être aussi de réduire le risque de développer des cancers ou des maladies cardiovasculaires. Ces composés ont aussi des propriétés anti-inflammatoires bénéfiques pour l'organisme. Ils réduisent la pression artérielle.

Manger du chocolat régulièrement permet de **renforcer les aptitudes cognitives**. Cela concerne notamment la **mémorisation, la réflexion et la concentration**. Il pourrait même aider à lutter contre le déclin lié à l'âge. De même, **le chocolat aide à mieux dormir** par le magnésium qu'il contient.

Contrairement aux idées reçues, le chocolat ne provoque pas de crise d'acné. Le chocolat participe à la **bonne santé de la peau** grâce à la **vitamine E** alliée aux **flavonoïdes**. Il

participe à la **cicatrisation** tout en réduisant les petits défauts cutanés qui surviennent avec le temps (rides). Contrairement aux idées reçues, le chocolat ne provoque pas de crise d'acné. Par ailleurs, le fluor contenu dans le chocolat participe à la prévention des problèmes dentaires comme les caries

Les **produits chocolatés** contenant peu de sucre n'augmentent pas le risque de carie.

Les besoins journaliers d'un adulte en magnésium, potassium, phosphore, fer et cuivre sont satisfaits à plus de 30% par consommation de 100 g de chocolat à 70% de cacao.

Et les calories ? Le chocolat : un boost énergétique ! manger 400 g de chocolat équivaut à l'apport journalier nécessaire en énergie (mais seulement du point de vue énergétique, et non pas nutritionnel !).

Cacao :	=	360 kcal pour 100 g
Chocolat noir :	=	490 kcal pour 100 g
Chocolat au lait :	=	500 kcal pour 100 g

Qui plus est, lors de sa dégustation, quand le carré de chocolat fond dans la bouche, cela entraîne naturellement une accélération du rythme cardiaque.

Le petit carré de chocolat comme aliment plaisir.

Le chocolat est une **source de bonheur** et est reconnu pour ses **effets antidépresseurs et euphorisants** grâce au **magnésium** et aux molécules proches des **endorphines** (sérotonine, phényléthylamine, tyramine, tryptophane, tryptamine ...).

Ces substances aident à **minimiser le stress, l'anxiété** et même la dépression.

Le tabac

De la plante..... au tabac à fumer



Le tabac (*Nicotiana tabacum*), est une plante dicotylédone annuelle originaire d'Amérique centrale, largement cultivée



Jusqu'en 1970, la réglementation de la culture du tabac reposait sur la loi du 28 avril 1816 qui proclamait que « nul ne pourra se livrer à la culture du tabac sans avoir fait préalablement la déclaration, et sans en avoir obtenu l'autorisation ».

Depuis 1970, la culture du tabac est réglementée au niveau européen.

En France près de 3000 hectares sont dédiés à la culture du tabac Ce sont un peu moins de 700 planteurs qui la pratiquent surtout dans le sud-ouest.

Le tabac plante

Nicotiana tabacum est une plante annuelle de 0,5 à 1,5 m de haut. Sa racine est longue et pivotante. La tige verticale se ramifie près de son sommet.

Les feuilles alternes sont grandes (30 à 50 cm de long sur 10 à 20 cm de large), nombreuses, de forme ovale à lancéolée, à pointe aiguë et de couleur vert pâle.

Au toucher, les feuilles sont visqueuses et exhalent une odeur agréable qui attire les pollinisateurs ; mais aussi des substances repoussantes comme la nicotine qui est un alcaloïde à odeur âcre.

Les fleurs dont l'extrémité est colorée en vert-jaunâtre, blanches ou rosées selon la variété, atteignent 5 cm de long. Elles sont groupées en panicules. Attirés d'abord puis repoussés, les pollinisateurs ne restent que peu de temps ce qui laisse à la plante du nectar utile.



Les tabacs sont classés selon leur variété ou selon leur mode de séchage. Les tabacs bruns sont séchés à l'air et au feu ; les tabacs blonds sont séchés à l'air chaud.

Le tabac brun

Séchées à l'air, les feuilles (BURLEY BRUN) sont pauvres en sucre et ont une teneur en nicotine importante. Elles sont souvent mélangées à d'autres tabacs afin de leur apporter leur force et leur excellente saveur, notamment de noisette et de chocolat.



Le tabac blond

Originaire de Virginie et d'Amérique centrale il mesure environ 1,5m. Les fleurs sont de couleur rose et la floraison s'étale de juillet à septembre. Cette plante est très décorative. Cette variété peut être séchée pour être fumée.

Le tabac brun produit une fumée "alcaline" lors de sa combustion, provoquant une inhalation de la fumée moins profonde qu'avec le tabac blond. Ce dernier produit au contraire une fumée "acide", exigeant une inhalation plus profonde pour absorber la même quantité de nicotine.

Modes de consommation

Les modes d'utilisation du tabac ont évolué et sont très diversifiés aujourd'hui. Ils continuent d'adopter des formes classiques, comme la cigarette, le cigare ou encore la pipe. Il peut se consommer à plusieurs (shisha).

La cigarette

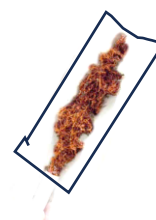
La majorité des fumeurs consomment des cigarettes produites industriellement. 70 milliards de cigarettes ont été vendues en 2004



La **cigarette** classique est un cylindre long de 7 à 10 cm, rempli de feuilles de tabac séchées, hachées ainsi de que quelques additifs. Elle peut être roulée à la main ou fabriquée en série de manière industrielle, et peut éventuellement comporter un filtre à une de ses extrémités. Les filtres sont constitués la plupart du temps d'acétate de cellulose.

La cigarette réalisée à partir de tabac à rouler.

Certains fumeurs la « roulent » en raison du fait que le tabac est moins cher, mais aussi parce qu'ils le considèrent – à tort – comme un moindre mal, car plus « naturel ».



Il est en réalité est plus toxique que les cigarettes industrielles. La quantité de nicotine, de goudron et de carbone qu'inhale une personne qui fume une cigarette roulée à la main est **trois à six fois** plus importante par rapport aux cigarettes classiques. Ce chiffre varie en fonction du type de tabac, du papier à cigarette et de la façon dont la cigarette a été roulée.

La pipe

Faite de bois (buis), d'argile, ou d'un autre matériau, la pipe est un tuyau étroit comportant à une extrémité un petit bol appelé fournaise contenant le tabac en combustion et à l'autre extrémité un bec qui mis en bouche permet d'inhaler la fumée.



Le cigare

Les cigares et les cigarillos (petits cigares étroits) sont des rouleaux de tabac enveloppés d'une feuille de tabac. Ils se présentent en divers formats mais, habituellement, ils contiennent beaucoup plus de tabac et de nicotine qu'une cigarette. La fumée secondaire émise par les cigares augmente les risques pour la santé des personnes qui ne fument pas.



Beaucoup de personnes considèrent que les cigares et les pipes sont moins dangereux pour la santé que les cigarettes. Or, fumer des cigares et des pipes a des effets très néfastes sur la santé. La fumée de cigares contient même des concentrations en produits toxiques et cancérigènes plus élevées que la fumée de cigarettes.

En raison d'une absorption essentiellement buccale de la fumée des cigares et de la pipe, la toxicité pour les muqueuses de la bouche est très élevée. Les fumeurs de cigares et de pipes présentent un risque élevé de cancer des voies aérodigestives supérieures ou de l'oropharynx.

Quelques composants du tabac « prêt » à être fumé

- Le tabac séché contient de la **nicotine**. Non cancérigène, elle est responsable de la dépendance.
- Des **additifs** qui représentent 10% du poids d'une cigarette : par exemple l'**acide levulinique** qui augmente la fixation de la nicotine au niveau des récepteurs nicotiques du cerveau, ou encore le **dioxyde de titane**.
- Des « **parfumants** » comme le **menthol** qui rend la fumée moins agressive. Ces cigarettes sont interdites dans l'Union européenne mai 2020.

- Des **agents de texture** : sorbitol, glycérol, ils permettent de légèrement humidifier le tabac.
- Des **colorants**.
- Des **exhausteurs d'arôme et/ou du goût** : saccharose, extraits de raisin ou de figue, poudre de cacao, beurre de cacao,...
- De **l'ammoniaque** qui augmente le pH de la fumée et favorise l'absorption de la nicotine au niveau des alvéoles pulmonaires.
- Des **modificateurs de combustion** : le taux de potassium permet de réguler la stabilité de l'incandescence.
- Des **conservateurs** : acides benzoïque, sorbique, aldéhyde formique.

Certains de ces composés initialement non nocifs le deviennent lors de la combustion.

Allumer une cigarette – la combustion

Une cigarette allumée brûle à une température comprise entre **400 et 750 °C**, la température pouvant atteindre 900°C. C'est la «combustion». Les températures élevées créées par ce processus entraînent la production de la majeure partie des substances chimiques nocives détectées dans la fumée de cigarette.

Trois types de fumées.

La **fumée principale** est inhalée directement dans les poumons du fumeur par la cigarette allumée. La deuxième est la **fumée principale expirée**, celle que le fumeur expire par ses poumons. La troisième est la **fumée secondaire**, celle qui s'échappe de l'extrémité incandescente de la cigarette.

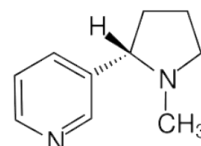
L'effet psycho-actif

Les trois principaux alcaloïdes du tabac sont la nicotine, la nornicotine et l'anabasine.

La nicotine

Jean Nicot à qui on doit nom de nicotine, a largement contribué au XVI^{ème} siècle à la consommation du tabac. Ce composé a été découvert et décrit en 1809 par le pharmacien et chimiste français Vaquelin. Isolé en 1828 sa structure a été décrite dès 1895.

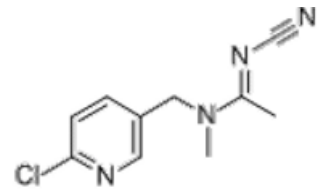
La feuille de tabac contient cet alcaloïde très toxique (dose mortelle entre 30 et 60 mg). **Pour** la plante il s'agit d'un **insecticide et acaricide** particulièrement efficace.



Les récolteurs de feuilles sont parfois intoxiqués car la nicotine passe à travers la peau. Il y a rarement intoxication par consommation directe de la plante.

En campagne, il faut éloigner les animaux des plantations car ils sont intoxiqués généralement après consommation des feuilles de tabac.

Certains dérivés néonicotinoïdes sont une classe d'insecticides agissant sur le système nerveux central des insectes (acétamipride)



Nicotine : effets sur la santé humaine

La nicotine est utilisée comme stimulant lors de son inhalation par la fumée du tabac. La nicotine agit directement sur le système nerveux et est en partie responsable de la dépendance tabagique. Elle est sensée améliorer la concentration et la mémoire. Suspecté Depuis une vingtaine d'années son caractère addictif est reconnu dans le monde.

La nicotine inhalée pénètre dans les capillaires sanguins des poumons. Après passage dans le cœur gauche, la nicotine passe la barrière encéphalique et atteint en quelques secondes le cerveau. Le taux de nicotine est une dizaine de fois plus élevé dans le plasma artériel que dans le plasma veineux :

Elle induit une augmentation de la fréquence cardiaque et de la pression artérielle, entraîne une libération d'adrénaline, de dopamine.

La nicotine est un agoniste de récepteurs à l'acétylcholine. Les récepteurs nicotiniques sont des récepteurs ionotropes qui activés par la nicotine entraînent une entrée d'ions sodium et une sortie d'ions potassium, et par suite une dépolarisation des neurones post-synaptiques. Des effets en résultent sur les jonctions neuro-musculaires. Cet effet sur les récepteurs à l'acétylcholine facilite la croissance des tumeurs.

La dépendance à la nicotine

Le tabagisme induit une dépendance notamment par la présence de nicotine. L'augmentation de la production de dopamine se traduit chez le fumeur par une euphorie. Quand le taux de dopamine diminue le fumeur est alors en état de manque, ce qui le pousse à refumer.

Cette dépendance immédiate peut disparaître en quelques semaines, alors que le fumeur garde le souvenir cet état d'euphorie, et reste tenté de recommencer.

Il a été démontré que les fabricants de tabac ajustaient le taux de nicotine des cigarettes afin d'assurer un niveau de dépendance optimal.

Les **symptômes du sevrage** de la nicotine associent souvent une tendance dépressive, des stress de plus en plus importants, de l'anxiété, de l'irritabilité, une difficulté à se concentrer et des troubles du sommeil.

À forte dose, la **nicotine** devient un **poison violent** qui irrite le système digestif, entraîne des atteintes du système nerveux central (convulsions, coma) et certains muscles (myocarde et muscles respiratoires). La mort par arrêt respiratoire peut survenir rapidement après l'apparition des premiers symptômes d'empoisonnement.

A ce jour, l'effet cancérigène de la nicotine seule n'a pas été prouvé.

Depuis une trentaine d'années, il existe un procédé dit de « dénicotisation » qui permet d'extraire une part de cette molécule du tabac. Ce sont ainsi 300 000 tonnes de nicotine qui sont valorisées dans diverses industries.

Cigarettes classiques vs cigarettes électroniques

La comparaison des effets des **cigarettes classiques**, des **cigarettes électroniques** contenant 16 mg de nicotine et d'un **inhalateur pharmaceutique** de nicotine dosé à 10 mg de nicotine donne les résultats suivants :

L'augmentation maximale de la concentration en nicotine dans le plasma sanguin après utilisation de ces trois produits est de :

- 13,4 ng/ml (6,5 à 20,3) pour les cigarettes classiques,
- 1,3 ng/ml (0,0 à 2,6) avec les cigarettes électroniques
- 2,1 ng/ml (1,0 à 3,1) avec l'inhalateur.

Le pic plasmatique est atteint en 14,3 min (8,8 à 19,9) avec les cigarettes classiques, 19,6 min (4,9 à 34,2) avec les cigarettes électroniques et 32 min (18,7 à 45,3) avec l'inhalateur.

Le tabac : quels sont les risques pour la santé ?

Le tabac est un réel danger pour la santé.

En France, chaque année, quelques 79 000 personnes en meurent, et ce malgré les campagnes de sensibilisation, de l'augmentation des interdictions dans des lieux « publics » et l'augmentation des prix.

L'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) estime que chaque année plus de 6 millions de décès sont liés au tabagisme direct et plus de 800 000 au tabagisme passif.

Le tabac est responsable de près de 70 % des cancers des voies aérodigestives supérieures (poumons, bronches, gorge, bouche, lèvres, larynx, œsophage).

Le tabac cancérigène. Les composés dangereux

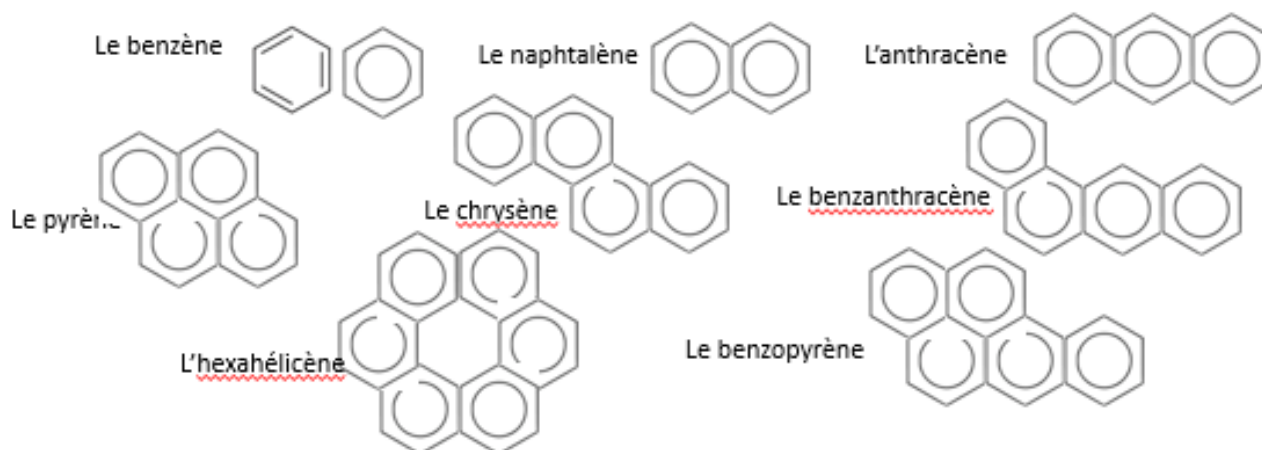
La fumée de tabac provenant d'une cigarette classique contient environ 7 000 composés chimiques, dont beaucoup sont toxiques et au moins **70 cancérigènes**.

Parmi ces **nombreux toxiques dangereux** : goudrons et dérivés de condensation du benzène, du monoxyde de carbone, du formaldéhyde, du méthanol, de l'ammoniac, du cyanure d'hydrogène, du cadmium, du plomb et des alcaloïdes **nicotine, nor nicotine et anabasine**. Ces composés résultent de réactions de synthèse fort complexes au niveau des composants de la feuille séchée générées par les températures très élevées atteintes lors de la combustion.

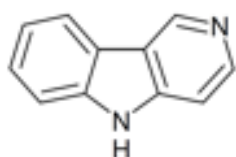
Dans la fumée de tabac, le « **goudron** » est un résidu brun collant contenant des centaines de substances chimiques, dont bon nombre sont connues pour leur cancérogénéité.

Il ne s'agit pas du même goudron que celui qu'on utilise dans l'asphalte ou les toitures

Les produits de combustion du tabac contiennent entre autres des milliers de composés polycycliques aromatiques issus de la transformation (combustion incomplète) des composés polymères du tabac (cellulose, pectine, hémi-cellulose,..). Parmi ceux-ci :



Le benzène et la plupart de ces molécules à structure plate, intercalantes des acides nucléiques, sont des cancérigènes avérés pour l'Homme. Leurs effets génotoxiques sont observés en cas d'exposition.



Certains des produits de combustion du tabac contiennent aussi des composés polycycliques aromatiques issus de la transformation (combustion incomplète) des protéines. Parmi ceux-ci certains s'avèrent être de puissants hépato-cancérigènes comme la γ -carboline issue du tryptophane.

Conséquences

Tous ces produits se collent lors de l'inhalation de la fumée sur les parois de la bouche, des bronches, des poumons. Après l'arrêt du tabac ils persisteront entre 7 et 15 ans avant d'être entièrement éliminés.

Véritables poisons pour votre organisme, ils diffusent ensuite pour dans tout notre organisme se localiser au niveau du pancréas, de la vessie ou du côlon.

Fumer un paquet de cigarettes par jour pendant un an, se traduit par un dépôt de 250 ml de goudrons dans ses poumons, soit l'équivalent de deux pots de yaourt !

Ces composés peuvent persister dans l'environnement intérieur des logements et lieux publics pendant des mois, voire des années après l'arrêt du tabagisme, continuant à être réémis progressivement dans l'air.

Ces substances sont à même de se déposer sur les surfaces intérieures des lieux de vie (murs, tissus, meubles) et de contaminer les poussières domestiques, formant alors un important polluant de l'air intérieur persistant même après l'arrêt de l'exposition directe à la fumée.

La réduction de l'exposition passe prioritairement par l'arrêt complet du tabagisme à l'intérieur et par des opérations de nettoyage approfondies des surfaces contaminées, associées à une ventilation adéquate et prolongée des espaces concernés.

Les modes de « fumage » influencent-ils les risques ?

Le **tabac brun** produit une fumée dite « alcaline » qui est plus favorable à l'absorption de nicotine. Il est plus à l'origine de cancers des lèvres, de la bouche et de la langue.

Le **tabac blond**, produit une fumée dite « acide » ce qui requiert une inhalation plus profonde pour absorber la même quantité de nicotine. La fumée étant plus légère, elle va plus profondément dans l'organisme et peut provoquer des cancers bronchiques.

Tout est lié à la « lourdeur » de la fumée : plus elle est lourde moins elle va profondément dans l'organisme.

Le **tabac à pipe** contient plusieurs des substances chimiques qu'on retrouve dans la fumée de cigarette, comme la nicotine, et entraîne aussi une dépendance. Les personnes qui fument la pipe sont également plus sujettes à développer un cancer des lèvres, si elles sucent le tuyau de la pipe lorsqu'elles ne fument pas. Fumer la pipe accroît le risque de cancer de l'œsophage ; de cancer du poumon ; de cancer colo-rectal ; de cancer du pancréas ; de cancer de la vessie...

La meilleure conclusion sur le tabac



95

Références bibliographiques.

Elles sont extrêmement nombreuses sur ces sujets. En voilà quelques-unes :

Costentin J., Delaveau P., *Café, thé, chocolat. Les bienfaits pour le cerveau et le corps*, Odile Jacob, 2010, 272 p.

Hutter-Lardeau N., « Le thé vert, un puissant antioxydant aux vertus préventives » [archive], *Sciences et Avenir*, 11 juin 2015-20

Philippe Sylvestre Dufour, *Traitez nouveaux & curieux du café, du thé et du chocolat*, Adrian Moetjens, 1685

Buc'hoz P.J. , *Dissertations sur le tabac, le café, le cacao et le thé*, Paris, 1788 ([lire en ligne](#) [archive]) p.83

Islami F., Boffetta P., Ren JS., Pedoeim L., Khatib D., Kamangar F. High-temperature beverages and foods and esophageal cancer risk - a systematic review. *Int J Cancer* 2009, **125**, 491–524.

Redgwell R.J., Trovato V., Curti D., Fischer M., « Effect of roasting on degradation and structural features of polysaccharides in Arabica coffee beans », *Carbohydrate Research*, 2002, **337**, 2002, 421-431

Farah A., Donangelo C., « Phenolic compounds in coffee », *Braz. J. Plant Physiol.*, 2006, **18**, n° 1, 23-36

Yashin A., Yashin Y., Nemzer B., « Antioxidant and Antiradical Activity of Coffee », *Antioxidants*, 2013, **2**, n° 4, 230-245

Richelle M, Tavazzi I, Offord E., « Comparison of the antioxidant activity of commonly consumed polyphenolic beverages (coffee, cocoa, and tea) prepared per cup serving », *J. Agric. Food Chem.*, 2001, **49**, n° 7, 3438-42

Daglia M, Racchi M, Papetti A, Lanni C, Govoni S, Gazzani G., « In vitro and ex vivo antihydroxyl radical activity of green and roasted coffee », *J. Agric. Food Chem.*, 2004, **52**, n° 6, 1700-4

Nawrot P, Jordan S, Eastwood J, Rotstein J, Hugenholtz A, Feeley M., « Effects of caffeine on human health. », *Food Additives and Contaminants*, 2003, **20**, n° 1, 1-30

Smith A, « Effects of caffeine on human behavior », *Food and Chemical Toxicology*, vol. 40, n° 9, septembre 2002, p. 1243–55

Bruce M.S., Lader M, « Caffeine abstinence in the management of anxiety disorders », *Psychological Medicine*, 1989, **19**, n° 1, 211–4

Addicott M.A. « Caffeine Use Disorder: A Review of the Evidence and Future Implications », *Current Addiction Reports*, 2014, **1**, n° 3, 186–192

Stephen T. Beckett S.T., *Science of chocolate* Cambridge, 2008, 240 p.

Michel Barel M., *Du cacao au chocolat : L'épopée d'une gourmandise*, Éditions QUAE GIE, 2016

Bère F., ingénieur des manufactures de l'État, conseiller général du Nord, professeur à l'Institut industriel de Lille, *Les Tabacs*, Paris, Librairies imprimeries réunies, 1895, 275 p.

Jean Costentin (Pr) et Pierre Delaveau (Pr), *Café, thé, chocolat Les bienfaits pour le cerveau et le corps*, Odile Jacob, 2010, 272 p.