

Café, thé, cacao

(trad. *Lehrbuch der Lebensmittelchemie*, Belitz, Grosch, Schieberle. Ch 21, 6. Auflage, 2007 et compl. version anglaise 2008) (termes incertains)

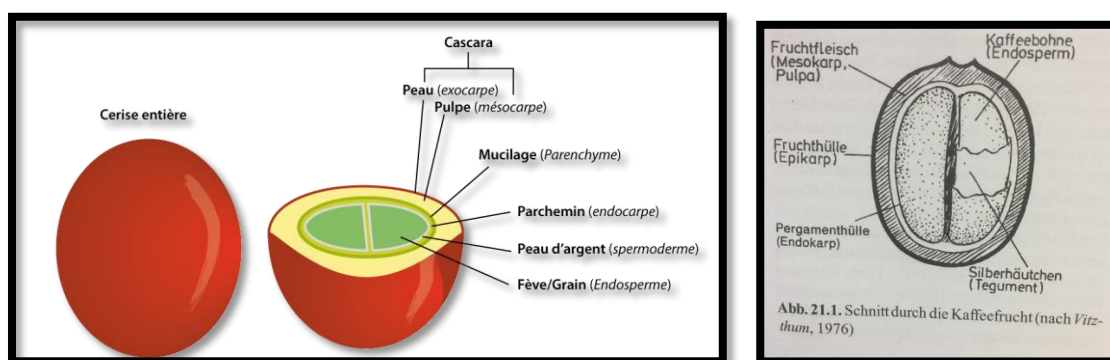
Café et succédanés de café

Introduction

Par **café** on entend la **graine de la plante de l'espèce *Coffea***, **entièrement débarrassée de l'enveloppe du fruit, et du tégument** (« la **peau argentée** ») s'il y a moyen, **crue ou grillée, entière ou concassée**, mais aussi les **boissons préparées à partir d'elle**.

L'habitat du café est l'Afrique (l'**Ethiopie**, l'**Abissini**). De là celui-ci a **passé par l'Arabie et Constantinople jusqu'à Venise** et il **s'est répandu depuis le milieu du 17^{ème} siècle dans toute l'Europe**, malgré de maintes interdictions publiques et mises en garde sanitaires [avertissements médicaux*].

L'arbre à café appartient à la famille des **Rubiacea**. Selon l'espèce **il peut atteindre 3 à 12 mètres**. Pour faciliter la récolte, il est **souvent taillé en arbuste de 2 à 2.5 m**. Il possède des feuilles persistantes à l'aspect de cuir à pétiole court et des **fleurs blanches exhalant un parfum proche du jasmin** à partir desquelles se développent des **drupes (fruits à noyau)** de 1.5 cm ressemblant à des cerises.



Figures de la drupe de café : Fig de gauche document INet, de l'intérieur vers l'extérieur (dénomination scientifique), le **sillon central**, le **grain ou fève (endosperme)**, la **peau d'argent ou pellicule, tégument ou bague (spermoderm)**, le **parchemin (endocarpe)**, le **mucilage ou couche de pectine (parenchyme)**, la **pulpe (mésocarpe)**, **peau du fruit (exocarpe, péricarpe ou épicarpe)**. A dr. figure originale du manuel.

Le fruit montre une **peau superficielle tannée** qui est d'abord **vert** puis se colore en **rouge jusqu'au violet** arrivé dans son état de maturité et contient dans une **pulpe suave (mésocarpe)** deux **noyaux accolés (fève, grain)** par leurs faces plates. Ceux-ci sont **pourvus de sillons** et **étroitement enveloppés de peau d'argent transparente et jaunâtre (pellicule ou tégument)** et par-dessus d'une couche fortement développée de **parchemin ou corne (endocarpe)**. Occasionnellement, (dans 10-15% des cas) on ne trouve qu'un seul grain dans le fruit, de la forme d'une fève cylindrique et ronde, que l'on appelle dans le commerce la **perle de café**.

Production de café brut en t. (2004, 2013) Sources : *Lehrbuch der Lebensmittelchemie* Beliz & al. , Wikipédia

Distribution géographique	Café brut	Pays	Café brut	Café vert (2013)
Monde	7760	Brésil	2476	2964.5 33.2%
Afrique	1018	Viêt Nam	835	1461 16.4%
Amér. du N. et C.	1093	Indonésie	702	698.9 7.8%
Amérique du Sud	3492	Colombie	664	653.2 3.6%
Asie	2098	Mexique	311	231.6 2.6%
Europe		Inde	275	318.2 3.6%
Océanie	60	Éthiopie	260	270 3.0%
		Guatemala	217	253.2 2.8%
		Ouganda	186	190 2.1%
		Honduras	178	273.5 3.1%
		Pérou		256.2 2.9
		Chine		116.8 1.3%
		Côte d'Ivoire		103.7 1.2%
		Laos		89.0 1.0%
		Nicaragua		83.9 0.9%
		Philippines		78.4 0.9%
		Venezuela		77.2 0.9%
		Costa Rica		76.8 0.9%
		Tanzanie		71.2 0.8%
		Madagascar		64.0 0.7%
		% prod. Mond.		79.0% 93.4%

Pour la prospérité du caféier, les **moyennes altitudes des tropiques** sont **particulièrement favorables**, - milieu pas trop humide, ombragé avec des **températures annuelles moyennes entre 13 et 25°C**, de 600 à 1200 m. au-dessus de la mer.

Après 3 à 4 ans, l'arbuste commence à fleurir et offre après la **6^{ème} année** une **récole complète**, atteignant son maximum de **productivité après 10 à 15 ans**. La **période de maturation** après la floraison va de 8 à 12 mois.

Des **70 espèces de *Coffea*** seules deux sont de **grand intérêt commercial** : la ***Coffea arabica***, qui compose environ les **75% de la production mondiale** et la ***Coffea canephora*** environ **25%**. La part de la ***Coffea liberica*** et d'autres espèces représentent moins de **1%**.

Les **quantités de drupes fraîches de café pour la production de 1 kg de café** prêt à la commercialisation (le rendement) sont de **6.38 kg** pour la ***C. arabica***, **4.36** pour la ***C. canephora*** et **11.5 kg** pour ***C. Liberica***. (Ci-contre la table de productions 2004 , [Ndt avec une table plus récente de valeurs (2013, source Wikipédia)]

** (Ndt) selon l'analyse des connaissances de l'époque en matière de toxicologie et épidémiologie, d'attribution du pouvoir de décision, on peut traduire et interpréter de deux manières « die ärzliche Warnungen » ?*

Café brut

Récolte et traitement

Dans l'hémisphère nord, la récolte tombe dans les mois de **décembre à février** et se produit de **mai à août au-dessous de l'équateur**. Le traitement des fruits récoltés par cueillette à la main ou enlèvement mécanique nécessite avant tout le retrait de la pulpe et s'effectue selon **deux procédés**.

- Par le procédé de **séchage [naturel]**, presque exclusif du **Brésil**, on dispose les fruits immédiatement après la récolte sur des **terrasses de séchage** et les sèchent au soleil jusqu'à ce que les fèves craquent.
- Avec des **décortiqueuses (vis sans fin coniques)**, on enlève la peau desséchée avec la peau parcheminée et dans la mesure du possible aussi avec la pellicule argentée, le café épluché et nettoyé est alors trié selon la taille et mis dans des sacs allant jusqu'à 60 kg. Souvent on empile les fruits frais en tas et les laisse fermenter avec échauffement spontané durant 3 à 4 jours. Dans les deux cas on obtient du café non lavé.

Le traitement mouillé est couteux, moderne et usuel pour le café arabica, surtout en Amérique centrale, Colombie et Afrique. Ici les cerises alimentent le **pulpeur qui écrase la pulpe tendre** au moyen d'un système articulé en partie avec des cylindres et disques rêches sans endommager les fèves. La pulpe servira d'engrais. Les grains traités ainsi contiennent encore avec la pellicule argentée et la pelure parcheminée et une quantité importante de pulpes ou de mucilage. Ils seront fermentés dans des bassins de fermentation dans un courant d'eau durant 12 à 24 h, où la pulpe est larguée et [v. angl. 2008, la couche de mucilage qui contient 84.2% d'eau, 8.9% de protéine, 4,1 % de glucides, 0.91 % de pectine et 0.7% de cendres] est dégradée grâce aux enzymes pectinolytiques propres du café ou le cas échéant par la participation des micro-organismes, ainsi facilement enlevée par lavage.

Les fèves égouttées sur des tamis et séchées sur des sols de ciments au soleil ou avec par flux d'air entre 65 à 85 °C sont encore entourées de leur tunique parcheminée (cosse de café, Cafe in pergamino) et seront à nouveau traitées dans des éplucheuses et fourniront les types de café lavés (milds, Cafe lavado).

Les grains de grande valeur seront souvent polis par retrait de la pellicule argentée et lissés à la surface.

Espèces de café brut

On connaît environ **80** variétés parmi les trois espèces de *Coffea*.

Les variétés les plus connus de *Coffea arabica* sont *typica*, *bourbon*, *maragogips* et *mocca*.

Celle d'espèce *Coffea canephora* sont *robusta*, *typica*, *uganda* et *quillon*.

Dans le commerce toutes les variétés de *Coffea canephora* sont des *robusta*.

Le café brut est usuellement dénommé selon origine, c.à.d. selon le pays producteur ou du lieu du port de chargement (provenance).

Les Arabicas les plus importants et lavés sont par exemples des cafés du Kenya, de la Tanzanie, de la Colombie, du Salvador, du Guatemala et du Mexique.

Les Arabicas non lavés sont du Brésil ; le Santos doux et les corsés Rio et Bahia.

La plupart des robustas sont de l'Angola, l'Uganda, la Côte-d'Ivoire, du Madagascar.

Les Arabicas, particulièrement ceux du Kenya, de la Colombie de l'Amérique centrale ont une « acidité fine » et un « bon corps ». L'Arabica Santos en raison de son goût puissant mais doux constitue une part importante des mélanges de café torréfié. Les Robustas sont par contre plus puissants, grossiers et âpres en arôme.

En plus de l'examen gustatif et olfactif, l'évaluation de la qualité repose surtout sur des critères de taille, couleur, forme, dureté et de coupe.

Les défauts principaux (dégradation, imperfection) sont dus avant tout par les « mauvais grains » qui doivent être soigneusement triés, comme ils altèrent en partie gustativement toutes les portions, du moins ils peuvent déprécier l'aspect du café.

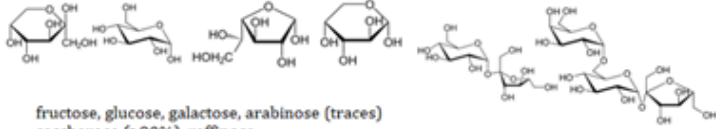
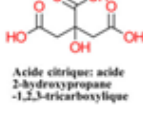
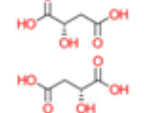
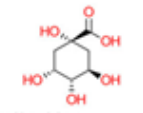
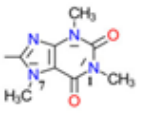
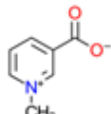
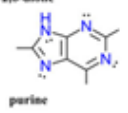
Ce sont aussi les grains verts (fèves herbeuses), qui restent clairs à la torréfaction, des grains non fermentés aux défauts de goût liés à l'acide acétique, l'acétoïne (3-hydroxybutanone), au diacétyl, au butanol et iso-butanol, des grains givrés, brisés ou dégradés par les insectes ou la pluie et également ceux qui sont desséchés (fèves noires). Un seul

de ces grains altère toute l'infusion de café. D'autres défauts sont avant tout les **produits moisies** (insuffisamment séchés, mise en sac précoce) et terreux (endommagés, séchés par inadvertance sur de l'herbe).

Les espèces de café cultivés en hautes altitudes sont en général plus estimables.

La composition du café brut (vert)

Elle dépend de l'espèce, de la provenance, de l'exploitation et des influences climatiques. La table de composition suivante donne un aperçu des différences entre les cafés arabica et robusta. [Ndt, col de droite ; formules chimiques semi-développées adjointes (juxtaposées) à la composition moléculaire des constituants principaux (donnés en pourcent de café vert dessiqué, méthode de calcul usuel appelé normalisation, elle permet de comparer des produits de taux d'humidité différent)].

Composition du café vert (% matière sèche, teneur en eau de 7-13%)			
	Arabica	Robusta	
hydrates de carbones solubles / glucides	9 - 12.5	6 - 11.5	
monosaccharides	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5	fructose, glucose, galactose, arabinose (traces)
oligosaccharides	6 - 9	3 - 7	saccharose (>90%), raffinose
polysaccharides	3 - 4	3 - 4	polymère de galactose (55-65%), mannose (10-20%), arabinose (20-35%), glucose (0-2%)
hydrates de carbones insolubles / fibres	46-53	34-44	
hémi-cellulose	5-10	3-4	polymère de galactose (65-75%), arabinose (25-30%), mannose (0-10%)
cellulose, β(1-4) mannane	41-43	32-40	cellulose : polymère de β(1-4) glucoses, mannane: pol. β(1-4) de mannoses & autres sucres
acides et phénols			acide citrique, malique et quinique
acides volatils	0.1	0.1	
acides aliphatiques non volatils	2-2.9	1.3-2.2	Acide citrique: acide 2-hydroxypropane-1,2,3-tricarboxylique
acide chlorogénique	6.7-9.2	7.1-12.1	
dont l'acide 5-caffeoylquinique	3-5.6	4.4-6.6	acide L- et D-malique
lignine	1-3	1-3	acide 2-hydroxybutanedioïque
lipides	15-18	8-12	
cires	0.2-0.3	0.2-0.3	acide quinique
huiles	7.7-17.7	7.7-17.7	acide (1S,3R,4S,5R)-1,3,4,5-tetrahydroxycyclohexanecarboxylique
composés aminés	11-15	11-15	
acides aminés libres	0.2-0.8	0.2-0.8	Caféine: 1,3,7-triméthylpurine-2,6-dione
protéine	8.5-12	8.5-12	
caféine	0.8-1.4	1.7-4.0	Trigonelline: 1-méthylpyridinium-3-carboxylate
trigonelline	0.6-1.2	0.3-0.9	
minéraux	3-5.4	3-5.4	purine

Les différents constituants du café torréfié seront abordés en détails plus loin.

Café torréfié

La torréfaction

Au cours de la torréfaction se produisent des **changements profonds** entre 100°C et la température finale autour de 200°C, modifications caractérisées par une **augmentation de volume** (50-80%), des **changements de structures et de formes**, une **perte de poids** (**pénétration**, 11-20%) et surtout par la **formation de l'arôme** typique faisant défaut au grain cru (**goût et arôme de grillé**).

Dans le même temps la **masse volumique** diminue et **passse de 1.126-1.272 à 0.570-0.694** ; après arrosage, le café torréfié flotte alors que le café brut coule. **Le grain dans l'état brut, corné, dur et lourd devient cassant et friable**.

Dans le cadre du **processus de torréfaction**, on distingue **4 phases principales** ; le **séchage**, le **développement**, la **décomposition** et la **torréfaction finale**. Les premières transformations arrivent vers 50°C dans les couches tissulaires, les protéines coagulent et l'eau se vaporise. Au-delà de 100°C, la fève brunit par décomposition thermique des substances organiques à la manière d'une enflure ou d'un début de distillation sèche, vers 150°C se forment des produits gazeux (vapeur d'eau, du CO₂, du CO) qui entraînent l'augmentation du volume (**le grain pousse**). Vers 180 à 200°C, débute la phase de décomposition caractérisée par l'explosion de la graine (l'éclatement du sillon avec craquements et crépitements), la formation d'une fumée bleuâtre et l'apparition des arômes du café. Immédiatement après, le stade de torréfaction finale est atteint à la formation optimale de la caramélisation durant lequel la teneur en eau descend à 1.5-3.5%.

Le processus de torréfaction est caractérisé par la perte d'anciens et la formation de nouveaux composants. Les compositions spécifiques seront décrites plus loin (v. composition du café torréfié). La gestion du rôtissage nécessite beaucoup d'entraînements et d'expériences afin d'atteindre une coloration régulière et un développement d'arôme optimal et d'éviter les dommages par sur-rôtissage et brûlures. Le transfert thermique se fait par contact des grains avec les parois du torréfacteur ou avec l'air brûlant ou les gaz de combustion (convection).

Du fait de transfert thermique inhomogène et du temps de torréfaction requis assez long (20-40 min), le rôtissage par simple contact n'a aujourd'hui pas beaucoup d'intérêt.

Avec la technique par contact et convection (temps de rôtissage 6-15 min), on s'efforce d'augmenter la part de convection par une conduite appropriée du processus. On travaille par exemple avec des rôtisseurs à centrifugation (**bacs plats rotatifs**), rôtisseurs à tube rotatif, rôtisseurs à lit fluidisé (convection 90%). Le fonctionnement s'effectue par lot ou de manière continue. Avec les nouveaux rôtisseurs ultrarapides (temps de rôtissage de 2 à 5 min.) la phase de chauffage est fortement raccourcie par un meilleur transfert thermique. La vaporisation d'eau distribuée par bouffée entraîne un accroissement de volume du grain plus intense qu'avec la méthode traditionnelle. La densité du café moulu torréfié ainsi confectionné est d'environ 15-25% moindre.

Le processus de rôtissage est contrôlé par retrait d'échantillon ou de manière électronique, le produit rôti à point est aussi rapidement que possible refroidi sur des tamis frais ou par aspersion d'eau afin d'éviter la poursuite de cuisson, la brûlure ou la perte d'arôme. Durant le rôtissage les vapeurs formées ainsi que les fragments tissulaires (pelures argentées) sont aspirés par des tuyaux d'échappement et brûlés dans de plus grandes industries. Le degré de rôtissage désiré est très variable. Aux USA et en Europe centrale, on torréfie un café clair (200-220 °C, 3-10 min, perte de poids 14-17%), en France, Italie et en partie aussi dans les Balkans un café noir (espresso, 230 °C, perte de 20%).

Conservation et conditionnement

Afin de retirer les mauvais grains, le café torréfié est trié sur des établis de triage par travail manuel ou par méthode photoélectrique entièrement automatisée dans les grandes rôtisseries. Le café torréfié usuel du commerce est un mélange de 4 à 8 cafés de provenances différentes qui sont rôtis séparément en raison de leur différence de comportements. On désigne par mokka, les mélanges particulièrement corsés.

Tandis que le café cru (vert) peut être entreposé 1 à 3 ans, le café torréfié de commerce reste encore frais dans son emballage seulement 8 à 10 semaines. L'arôme de rôti disparaît et apparaît des notes aromatiques de rance (vieillesse, rassissement). Le café moulu en paquet hermétique à l'oxygène peut être conservé 6-8 mois, mais vieillit cependant après ouverture en 1 à 2 semaines. Le processus de vieillissement dont le fondement chimique n'est pas encore bien connu peut être ralenti au mieux par entreposage à basse température en absence d'oxygène et de vapeur d'eau (sous vide).

Composition du café torréfié

Le tableau suivant donne des indications sur la composition du café torréfié qui peut considérablement osciller en fonction de l'espèce et du degré de rôtissage.

Composition du café torréfié (degré moyen de torréfaction, valeurs en % de MS ¹)			
	Arabica	Robusta	
caféine	1.3	2.4	 Caffeine: 1,3,7-triméthylpurine -2,6-dione
lipides	17.0	11.0	
protéines ²	10.0	10.0	 Trigonelline 1-méthylpyridinium -3-carboxylate
glucides	38.0	41.5	
trigonelline, niacine (vit B3)	1	0.7	 acide chlorogénique acide 3-[[3-(3,4-dihydroxyphényl)-1-oxo-2-propényl]oxy]-1,4,5-trihydroxycyclohexanecarboxylique
acides aliphatiques	2.4	2.5	
acide chlorogénique	2.7	3.1	
COV (composés organiques volatils)	0.1	0.1	
minéraux	4.5	4.7	
mélanoïdines ³	23.0	23.0	
Ndt (Total)	95.3	99.0	
Ndt (différence, autres composés, diff. erreurs ...)	4.7	1.0	

1 rapporté à la matière sèche, la teneur en eau variant de 1 à 5%

2 somme des acides aminés après hydrolyse acide

3 calculé comme différence [ndt, différence par rapport à 100]

Protéines*

Avec le chauffage, les protéines en présence des glucides sont soumises à une transformation qui s'exprime par une variation de la composition des hydrolysats* des acides aminés des protéines entre l'avant et l'après torréfaction. Le contenu total des hydrolysats des acides aminés accessibles diminue environ de 30%.

L'arginine, l'acide aspartique, la cystéine, l'histidine, la lysine, la serine, la thréonine et la méthionine en tant qu'acides aminés particulièrement réactifs sont plus ou moins perdus dans le café torréfié, tandis que la quantité des acides aminés plus stables, surtout l'alanine, l'acide glutamique, et la leucine augmente.

Les acides aminés libres sont disponibles en quantité de trace dans le café torréfié.

Composition des hydrolysats d'acides aminés du café (vert et rôti de Colombie)		
	vert	rôti (perte d'eau 17.6%)
alanine	4.75	5.52
arginine	3.61	0.00
acide aspartique	10.63	7.13
cystine	2.89	0.69
acide glutamique	19.80	23.22
glycine	6.40	6.78
histidine	2.79	1.61
isoleucine	4.64	4.60
leucine	8.77	10.34
lysine	6.81	2.76
méthionine	1.44	1.26
phénylalanine	5.78	6.32
proline	6.60	7.01
serine	5.88	0.80
thréonine	3.82	1.38
tyrosine	3.61	4.35
valine	8.05	8.05
(Ndt TOT	106.27	91.82)

* [Ndt une protéine est une chaîne d'acides aminés (dont plus d'une vingtaine de sorte dans les organismes vivants) qui est décomposée naturellement par hydrolyse enzymatique (enzyme : catalyseur biochimique) chez les hétérotrophes (organisme dont la subsistance dépend d'autres organismes, contrairement aux autotrophes, ex. les plantes) et recomposés en protéines fonctionnelles et structurales propres (p. ex composant des fibres de myosine et actines impliquées dans la traction mécanique des muscles, autre ex. l'insuline, hormone (molécule de signalisation) protéique de régulation de la glycémie, le collagène constituant matriciel important des os...etc). Elle peut être décomposée chimiquement en laboratoire (p. ex par acide chlorhydrique HCl concentré, qui catalyse cād permet l'accélération de la réaction de décomposition sans quoi elle pourrait prendre des semaines et années, v. la rouille du fer dans l'air). Ceci à des fins diverses notamment pour la détermination de la composition en acides aminés, dont certains et spécialement les acides aminés « essentiels » (apporté par des nutriments et non synthétisés à partir d'autres substrat dans les organismes vivants), fournissant ainsi une information sur la « qualité » nutritionnelle des protéines du produit d'intérêt (v. carence en lysine et méthionine chez certains végétariens).

Dans la terminologie de la « chimie organique » qui la première a classé et étudié les molécules et la transformation des composés propres aux organismes vivants (formés principalement d'atomes de carbone, d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de phosphore), la décomposition hydrolytique (« hydro » eau, « lysis » scission) de la protéine, de manière simplifiée ici sans représentation des formes ioniques, c'est la réaction de dissociation en des molécules libres d'acides aminés contigus par l'insertion de molécules d'eau (H₂O), en fait un groupe OH et un H de part et d'autre de chaque future unité d'acide aminé, ceci dans la séquence de liaisons aux deux molécules contigües qu'on appelle la liaison amide (groupe fonctionnel amide R-NH-CO-R, R différents atomes de la chaîne organique).

Ex : hydrolyse en 3 futures glycines (la plus petite des acides aminés) ; protéine comportant 3 unités de glycines : H₂N-CH₂-CO-NH (CO-NH =liaison amide)-CH₂-CO-NH-CH₂-COOH + 2 H₂O (+ présence de HCl ou enzyme) -> 3 glycines libres (hydrolysats) : H₂N-CH₂-COOH + H₂N-CH₂-COOH + H₂N-CH₂-COOH ou usuellement écrit (H₂N-CH₂-COOH)₃ . Les indices numériques désignent un multiple de l'atome lié : H₂, deux atomes d'hydrogènes associés à N, les traits, les liaisons entre atomes contigus en ligne]

Glucides [Ndt anciennement hydrates de carbonés]

[Ndt Le glucose est le principal glucide à rôle énergétique, les autres monomères ont plutôt un rôle structurel, fonctionnel. Les préfixes mono-, di-, oligo-, poly- désignent le nombre d'unité de glucides (oses dans le langage scientifique, les plus courants, glucose, fructose, galactose..) formant l'unité moléculaire. Lien qui peut être défait par des enzymes ou traitements agressifs, conduisant à des monomères (v. protéines).

P. ex, le saccharose, un disaccharide (sucre de table) est dissocié en 1 glucose et 1 fructose par des enzymes digestives (saccharase) et l'amidon, un macro-molécule, en n glucoses (amylase). Dans le corps humain le fructose (non directement utilisé) est transformé en glucose dans une chaîne de réaction catalytique et son excès (dépassement de capacité de conversion enzymatique) est réputé être toxique pour le foie, v. recherches]. Les enzymes permettant la scission des molécules sont spécifiques à la position relative de la liaison intermoléculaire et à l'espèce, l'homme ne peut décomposer la cellulose qui est pourtant fait de monomères de glucose, contrairement aux ruminants dont des parasites intestinaux disposent d'enzymes spécifiques.

Il ne faut pas confondre solubilité qui est un phénomène physique, dans le cas du sucre, c'est l'action de rompre les interactions faibles entre les molécules, comme dans la solubilisation des molécules de saccharose du sucre sous forme cristallisé dans l'eau, processus réversible (recristallisation par évaporation) et la décomposition, la réaction ou dissociation chimique, enzymatique qui scinde les molécules]

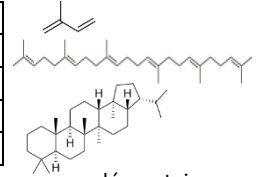
Les composés insolubles sont prépondérants et se composent à part la cellulose, de polysaccharides formés de mannose, galactose et arabinose. La fraction soluble de grande masse moléculaire est constituée de restes de polysaccharides tirés des débris. **Le saccharose disponible dans le café vert est décomposé à hauteur de 0.4-2.8%. Même les monosaccharides sont à peine présents.**

Lipides

La fraction lipidique subit un **changement négligeable durant le processus de rôtissage**. Sa composition apparaît ci-dessous. **Parmi les acides gras, l'acide linoléique et palmitique dominant**. La cire issue de l'enveloppe du café vert contient de l'hydroxytryptamide de différents acides gras (arachidonique, béhénique, lignocérique). Ces composés apparaissent dans des quantités de 0.06-0.1% dans le café rôti.

Composition des fractions de lipides du café rôti (huiles du café)

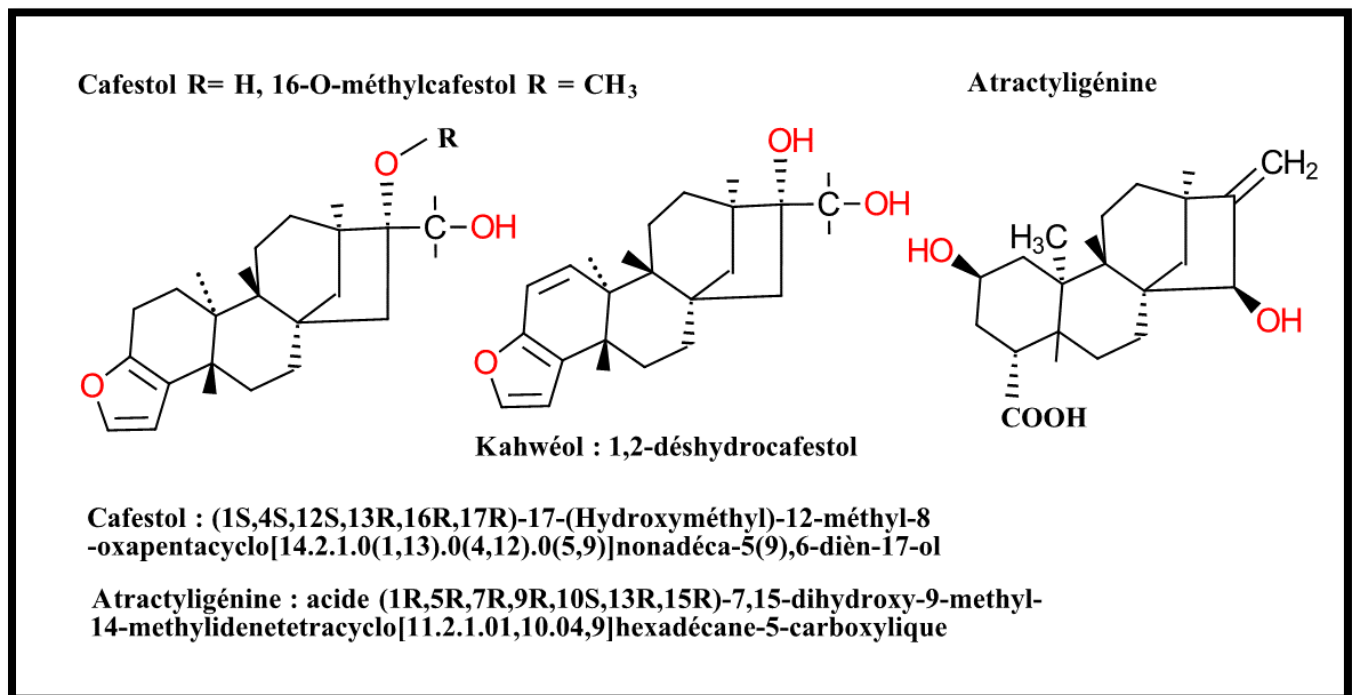
Composant	Fract %	Composant	%	Monomère de terpène (isoprène)
Triglycéride	78.8	Triterpène (Stérols)	0.34	Triterpène (6 isoprène)
Ester de diterpène	15.0	Substance inconnue	4	(triter. Cyclique : hopane)
Diterpène	0.12			Famille de stérols :
Ester de triterpène	1.8			Cholestérol, cortisol ...etc



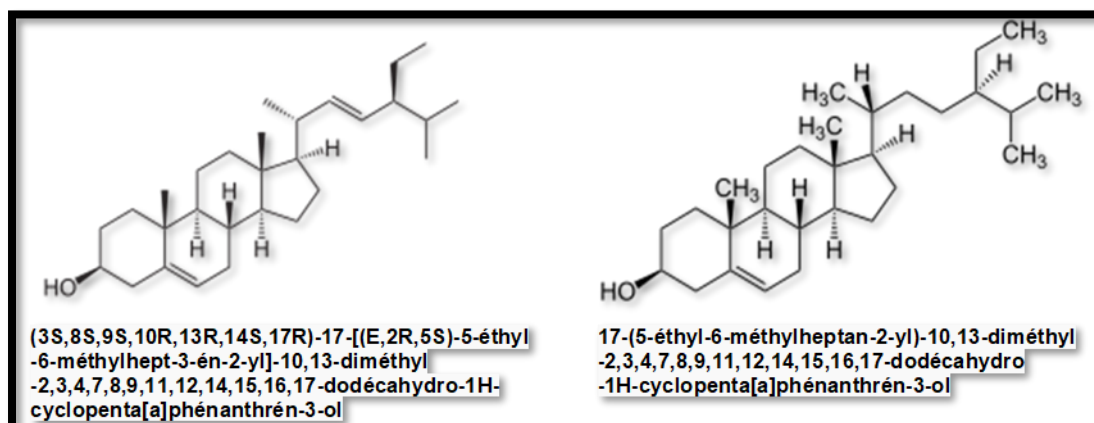
Ndt les terpénoïdes sont des composés formés d'unités isoprène (multiples de 5 carbones), souvent « substitués » d'atomes supplémentaires

Parmi les diterpènes, on a le **Cafestol** (R = H), le **16-O-Méthylcafestol** (R=CH₃) et le **kahwéol**, le cafestol et le kahweol sont dégradés durant la torréfaction. Comme le **16-O-méthylcafestol ne se trouve que dans le robusta** (0.6-1.8 g/kg MS café vert), c'est un **indicateur approprié d'indice de mélange d'arabica avec du robusta**, aussi dans le café soluble. Un glycoside (ose , sucre associé) diterpénoïde est l'atractyloside dont l'aglycone est l'atractyligénine.

Formules des dérivés de cafestol (atractyligénine sans la présence de l'ose qui se lie par l'hydroxyl)

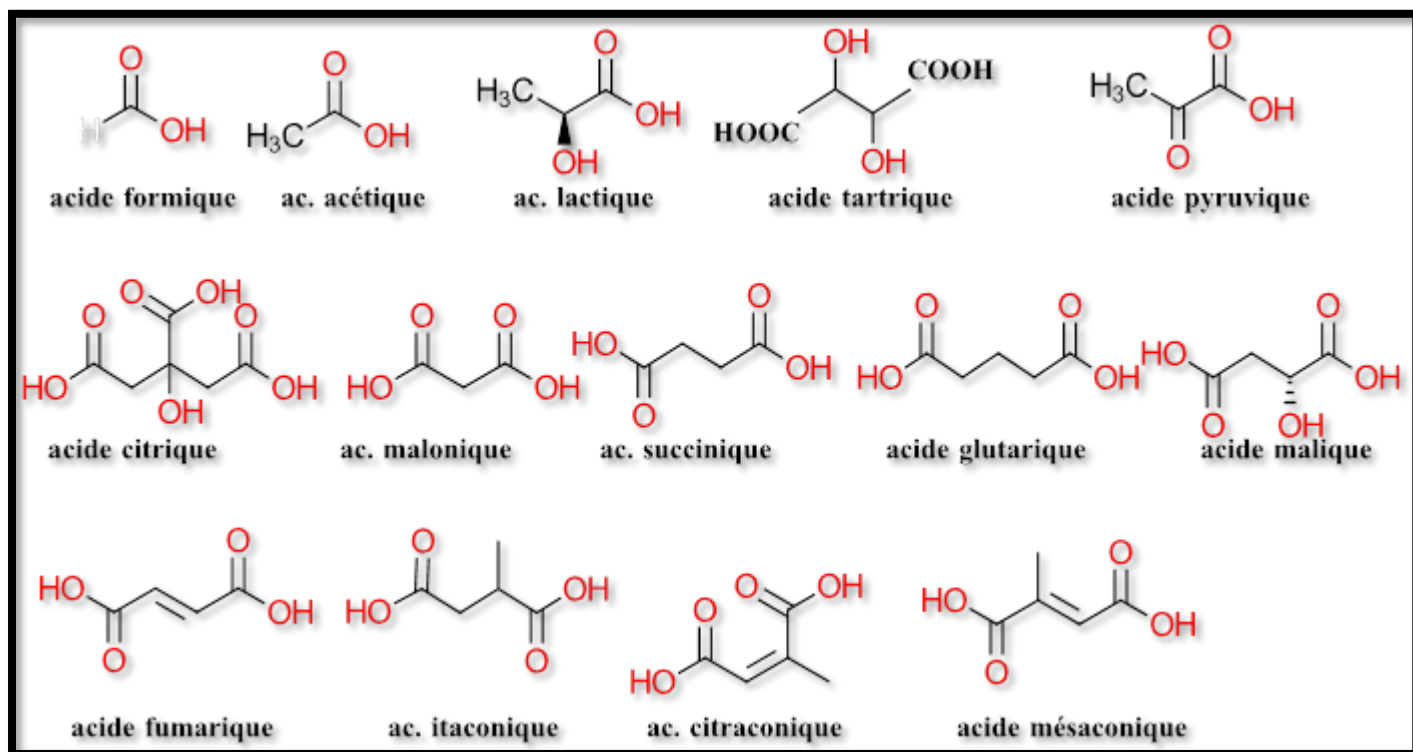


Les principaux composants des fractions de stérols sont le **stigmastérol** et le **sitostérol**.

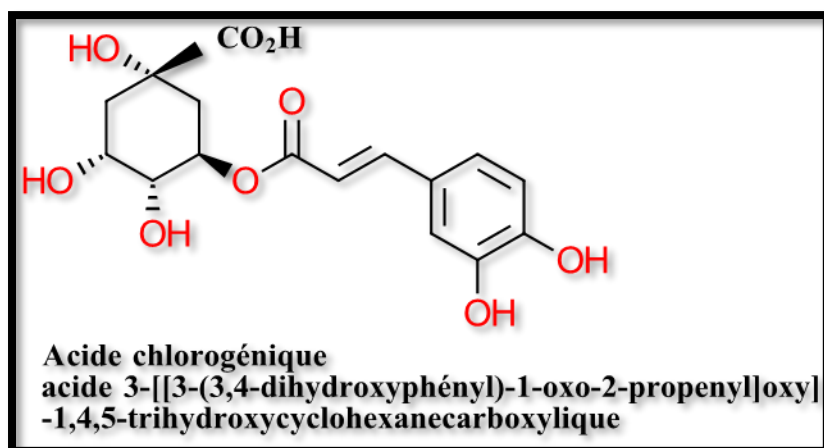


Acides

L'**acide formique** et l'**acide acétique** dominent parmi les acides volatils et les acides non volatils se composent essentiellement d'**acide lactique**, d'**acide tartrique**, d'**acide pyruvique** et d'**acide citrique**. Les acides gras plus lourds comme l'**acide malonique**, l'**acide succinique**, l'**acide glutarique** et l'**acide malique** sont en quantité plus faible. Les acides itaconiques, citraconiques et mésaconiques sont des produits dérivés des acides citriques, fumariques, maléiques et maliques



Les acides les plus importants en quantité dans le café sont les acides chlorogéniques. Leur teneur diminue avec la torréfaction.



Teneur d'acide chlorogénique (en %) en fonction du degré de rôtissage

Rôtissage	Arabica	Robusta
Vert	6.9	8.8
Clair	2.7	3.5
moyen	2.2	2.1
élevé	0.2	0.2

Caféine

Parmi les composés aminés il y a le plus connu en raison de ses effets pharmacologiques (stimulation du système nerveux central, augmentation de la pression sanguine et du rythme respiratoire) : **la caféine, le 1,3,7-triméthylxanthine.**

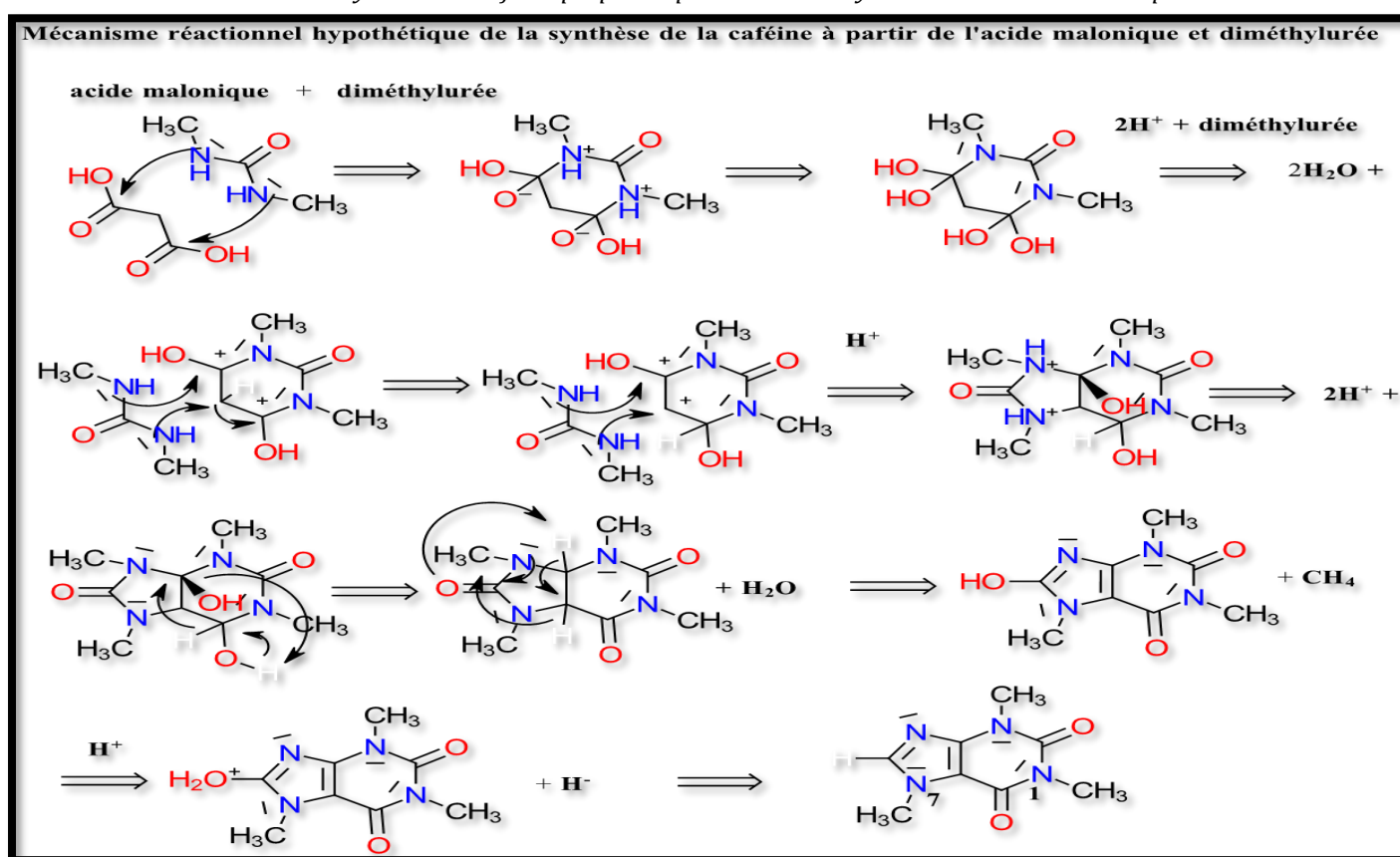
Elle a un goût légèrement amer (**valeur seuil dans l'eau 0.8-1.2 mmol/L**), cristallise avec 1 molaire d'eau en des aiguilles de soie brillantes et sous pression elle **fond à 236.5 °C et sublime à 178°C**.

La teneur en **caféine du café vert** est de **0.9-1.4%** dans l'**arabica** et **1.5-2.6%** dans le **robusta**. Il existe aussi des variétés de café sans caféine. L'arabica Santos se situe dans les limites inférieures et robusta Angola dans les supérieures.

D'autres alcaloïdes purinés sont la **théobromine** (36-40 mg/kg dans l'arabica et 26-82 mg/kg dans le robusta), la **théophylline** (7-23% µg/kg dans l'arabica et 86-344% µg/kg dans le robusta).

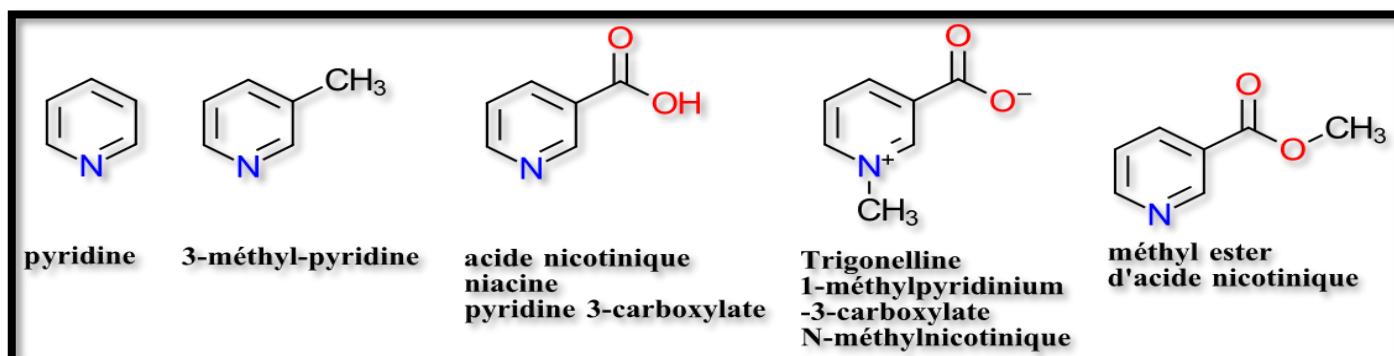
La caféine forme en partie un **complexe moléculaire Π hydrophobe** avec l'**acide chlorogénique** dans un rapport molaire 1 : 1. Dans les boissons de café 1% de la caféine et 6% de l'acide chlorogénique se présentent sous cette forme. La torréfaction diminue la quantité de la caféine dans une faible proportion. La caféine obtenue par décaféination du café et la caféine synthétique obtenue par méthylation de la xanthine, par l'acide urique et formamide sont employés en industrie pharmaceutique et industrie des boissons. (Ndt. ci-dessous synthèse proposée à partir d'autres molécules)

NdT Mécanisme réactionnel de synthèse de caféine proposé à partir de diméthylurée et de l'acide malonique



Trigonelline et acide nicotinique

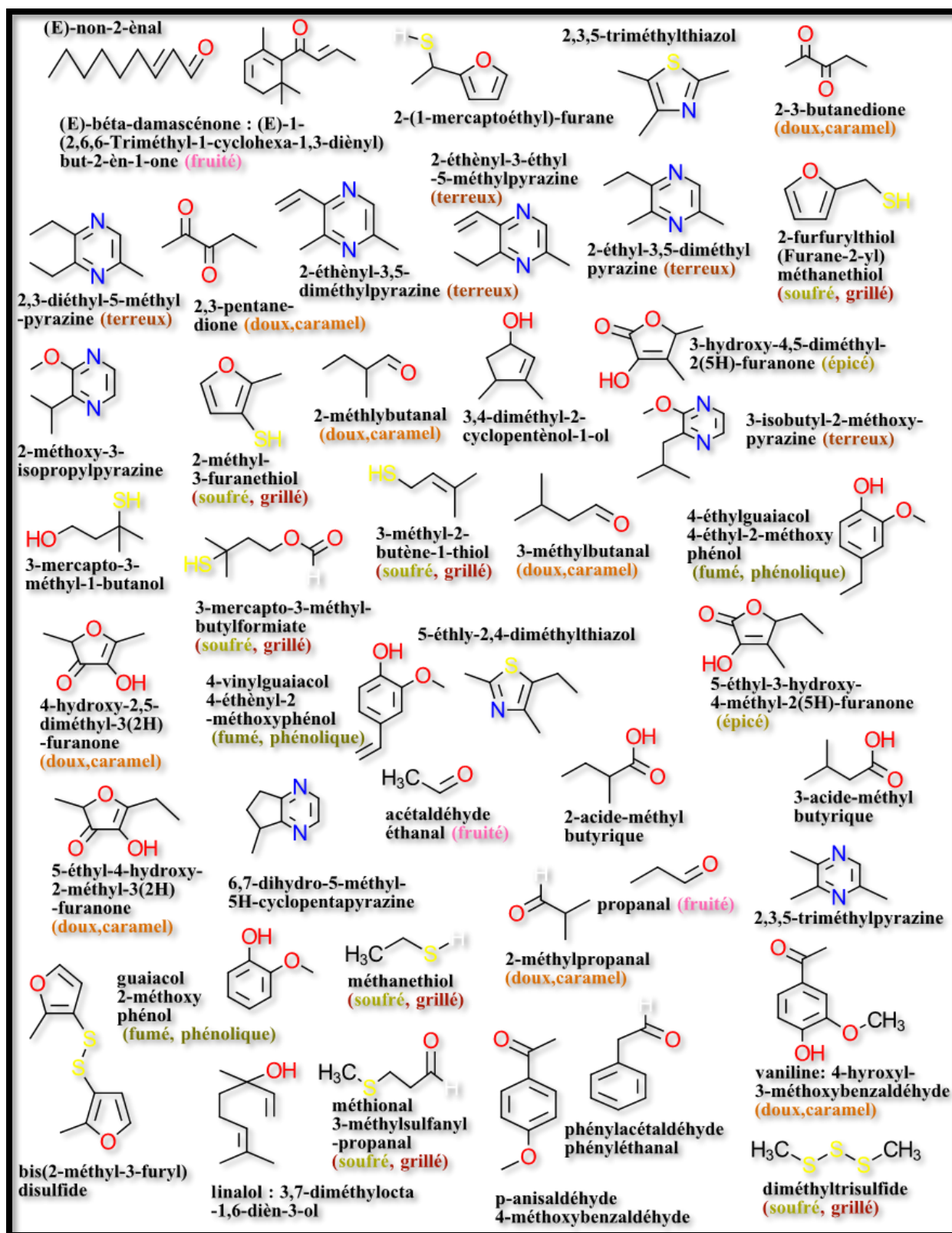
50% de **la trigonelline** et d'**acide N-méthylnicotinique** dont on trouve 0.6% dans le café vert est dégradé par la torréfaction. Au cours de la torréfaction il se forme de **l'acide nicotinique**, de **la pyridine**, du **3-méthylpyridine**, du **méthyl-ester de l'acide nicotinique** et de nombreux autres composés.



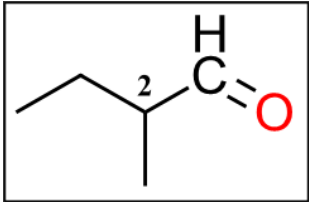
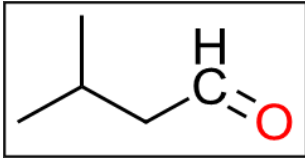
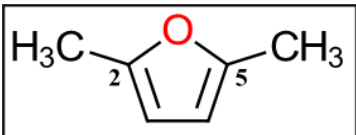
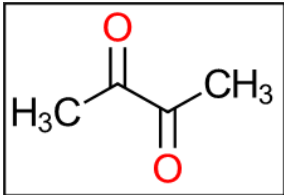
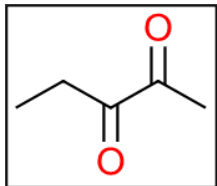
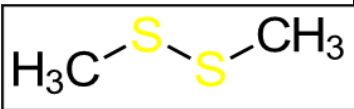
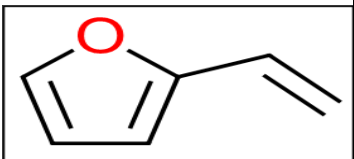
Arômes

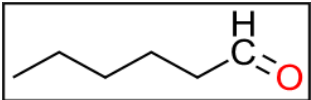
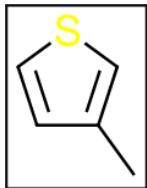
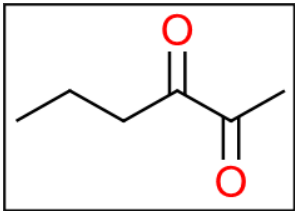
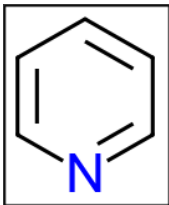
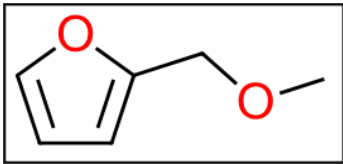
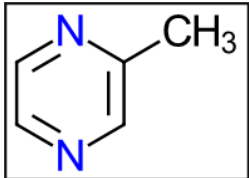
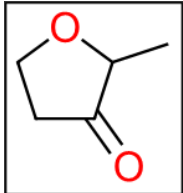
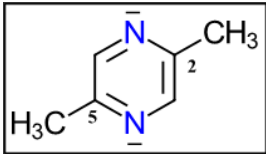
La fraction volatile du café torréfié a une composition très complexe. Les analyses de dilution ont montré que des 850 composés volatils identifiés jusqu'ici, seuls 40 contribuent à l'arôme. Avec 28 arômes en concentrations présentes dans une boisson de café arabica de rôtissage moyen, l'arôme de l'arabica peut être largement atteint. La correspondance est encore améliorée par ajout du 4-méthoxy-2-méthylbutane-2-thiol, dont la concentration dans la boisson est de 0.022 µg/kg .

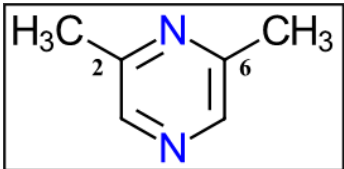
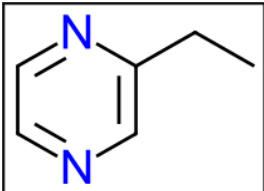
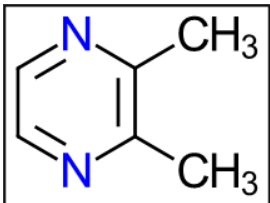
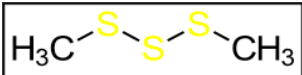
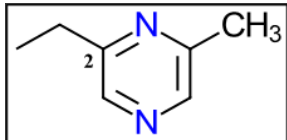
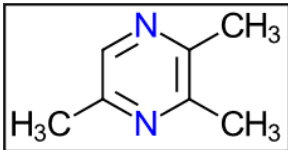
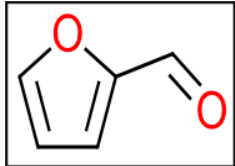
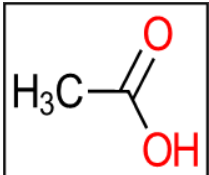
Arômes du café torréfié, résultats d'analyses de dilution. (NdT ajouts des formules chimiques)

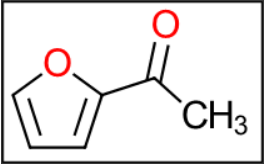
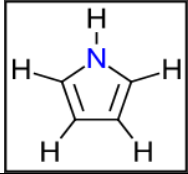
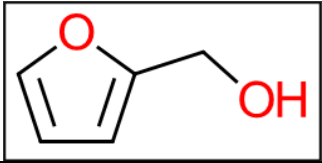
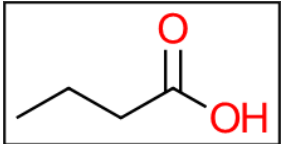
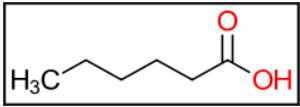
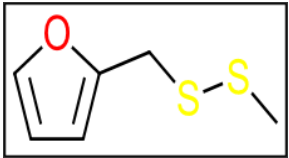
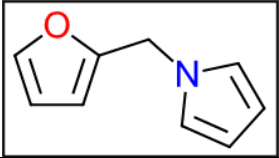
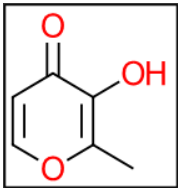


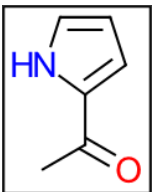
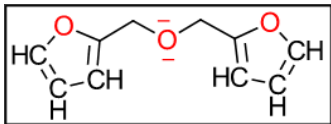
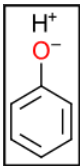
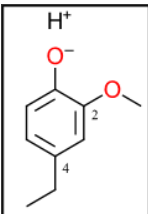
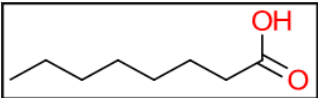
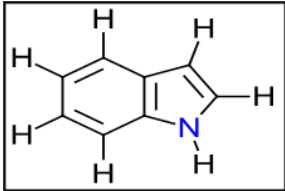
Extrait de l'article « *Determination of volatile compounds of common coffee roast defect, food chemistry 2016* »

2-méthylbutanal	malt				
3-méthylbutanal	malt				
2,5-diméthylfurane	éter				
2,3-butanedione	beurre	fromage			
2,3-pentanedione	beurre huile				
diméthyl disulfure	oignon				
2-vinylfurane	coco	éter	rhum		

hexanal	herbe	huile verte			
3-méthylthiophène	cendre				
2,3-hexanedione	beurre	crème	doux	fromage	
pyridine	amer	astringent	brûlé	grillé	
furfuryl méthyl éther	noix	marc de café	phénol	riche	
2-méthylpyrazine	noix	noix	grillé		
2-méthyl-tétrahydro-3-furanone	doux	grillé			
2,5-diméthylpyrazine	grillé	herbe	maïs	noix	

2,6-diméthylpyrazine	doux	frit	noix	
2-éthylpyrazine	grillé	noix		
2,3-diméthylpyrazine	grillé	noix	vert	
diméthyl trisulfure	Onion			
2-éthyl-6-méthylpyrazine	grillé	noisette		
triméthylpyrazine	grillé	noix		
2-furfural	amande	doux	pain	
acide acétique	aigre			

2-acétylfurane	balsamique				
pyrrole	foin	herbacé	noix		
furfuryl alcool	brûlé				
acide butanoïque	aigre				
acide hexanoïque	âcre	rance			
2-furfuryl-méthyl-disulfure	café				
1-furfurylpyrrole	champignon	foin	vert		
maltol 3-hydroxy-2-méthyl-4H-pyran-4-one	caramel				

1-(1-H-pyrrol-2-yl) éthanone	moisi	noix			
difurfuryl éther	café	toast			
phénol	fumé				
4-éthyl-2- méthoxyphénol	fumé	épicé			
acide octanoïque	fromage doux				
indole	brûlé	naphtaline			

Production de café brut en t. (2004, 2013) Sources : Lehrbuch der Lebensmittelchemie Beliz & al. , Wikipédia

Distribution géographique	Café brut	Pays	Café brut	Café vert (2013)	
Monde	7760	Brésil	2476	2964.5	33.2%
Afrique	1018	Viêt Nam	835	1461	16.4%
Amér. du N. et C.	1093	Indonésie	702	698.9	7.8%
Amérique du Sud	3492	Colombie	664	653.2	3.6%
Asie	2098	Mexique	311	231.6	2.6%
Europe		Inde	275	318.2	3.6%
Océanie	60	Éthiopie	260	270	3.0%
		Guatemala	217	253.2	2.8%
		Ouganda	186	190	2.1%
		Honduras	178	273.5	3.1%
		Pérou		256.2	2.9
		Chine		116.8	1.3%
		Côte d'Ivoire		103.7	1.2%
		Laos		89.0	1.0%
		Nicaragua		83.9	0.9%
		Philippines		78.4	0.9%
		Venezuela		77.2	0.9%
		Costa Rica		76.8	0.9%
		Tanzanie		71.2	0.8%
		Madagascar		64.0	0.7%
		% prod. Mond.		79.0%	93.4%

Composition du café vert (% matière sèche, teneur en eau de 7-13%)

Arabica Robusta

<i>hydrates de carbones solubles / glucides</i>	9 - 12.5	6 - 11.5
monosaccharides	0.2 - 0.5	0.2 - 0.5
oligosaccharides	6 - 9	3 - 7
polysaccharides	3 - 4	3 - 4
<i>hydrates de carbones insolubles / fibres</i>	46-53	34-44
hémi-cellulose	5-10	3-4
cellulose, β (1-4) mannane	41-43	32-40
<i>acides et phénols</i>		
acides volatils	0.1	0.1
acides aliphatiques non volatils	2-2.9	1.3-22
acide chlorogénique	6.7-9.2	7.1-12.1
dont l'acide 5-caffeoylquinique	3-5.6	4.4-6.6
lignine	1-3	1-3
<i>lipides</i>	15-18	8-12
cires	0.2-0.3	0.2-0.3
huiles	7.7-17.7	7.7-17.7
<i>composés aminés</i>	11-15	11-15
acides aminés libres	0.2-0.8	0.2-0.8
protéine	8.5-12	8.5-12
cafféine	0.8-1.4	1.7-4.0
trigonelline	0.6-1.2	0.3-0.9
<i>minéraux</i>	3-5.4	3-5.4