

Les jeunes, la chimie et les sciences de la vie

De la chimie dans ma
barre chocolatée ?

Sciences
adventure 



Dossier pédagogique réalisé dans le cadre du programme de conférences

« *Les jeunes, la chimie et les sciences de la vie* »

coordonné par la cellule

www.sciencesadventure.be

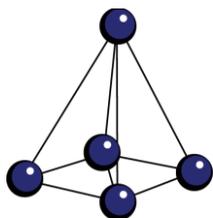
Ce dossier a bénéficié de la relecture avisée de

Pascal Brabant (Institut Meurice), Frédéric Daems (CRA-W)

et Michaël Dermience (Ulg – GxABT)



CONSTRUIRE LE FUTUR DE LA CHIMIE ET DES SCIENCES DE LA VIE
CENTRE DE COMPETENCE



Fonds de Formation
Industrie chimique



essenscia



Table des matières

Le chocolat	4
Le cacao dans le monde	5
Les étapes de fabrication	6
Le cacaoyer et la cabosse	7
De la cabosse à la fève	8
La fermentation	9
Séchage et décorticage	11
La torréfaction	12
Le Broyage et le pressage	13
Le malaxage et l'affinage	14
Le conchage	15
Les émulsions dans l'industrie	16
Le tempérage	17
Le moulage	18
L'emballage et le stockage	19
L'analyse sensorielle	20
L'analyse chromatographique	21
Le food pairing	22
Les additifs alimentaires	23
L'information nutritionnelle	24
Les produits composés	25
Les vertus du chocolat	26
Références	27

Le Chocolat

Le terme **chocolat**, d'origine mésoaméricaine, désigne « un aliment sucré produit à partir de la **fève de cacao** ».

Le chocolat provient d'Amérique centrale où il était considéré comme la « Nourriture des Dieux » par les Aztèques et les Mayas. A l'époque, la fève de cacao était utilisée comme monnaie et le chocolat n'existait que sous la forme de boisson.

C'est en 1527 que les Espagnols rapportèrent cette boisson en Europe et y ajoutèrent du sucre. Le chocolat se répand alors dans toute l'Europe, les industries se développent, des usines se créent. La première chocolaterie ouvre en 1657 à Londres, puis de nombreuses suivent. Le chocolat connaît alors plusieurs innovations :

1828 : Commercialisation sous forme de poudre

1847 : Premières tablettes

1866 : Mécanisation de la production

1875 : Ajout de lait en poudre

1923 : Première barre chocolatée

Et la chimie dans tout ça ?

Solubilisation, pH-métrie, fermentation, cristallisation, hygrométrie, filtration, saponification, chromatographie... De nombreux principes chimiques et biochimiques interviennent dans la fabrication du chocolat, depuis la fève de cacao jusqu'au carré de la plaque. Certains d'entre eux se retrouvent dans d'autres domaines tels que les sciences de la vie, la santé, l'environnement...

De plus, le chocolat contient plus de 300 composants chimiques !



Chocolats et Pralines en Belgique en 2011

Nombre d'entreprises *	270
Travailleurs *	6862
Chiffre d'affaires *	4,3 milliards d'€
Production	510.906 tonnes
Exportation	473.145 tonnes
Importation	251.406 tonnes
Consommation	5.8 kg/personne/an
Marché en valeur consommateur	699 millions d'€

*Les chiffres pour Chocolat & Pralines et Confiserie ne sont pas disponibles séparément. On estime que le chocolat représente 80 % de ces chiffres.
Sources : Fédération Choprabisco

En Belgique...

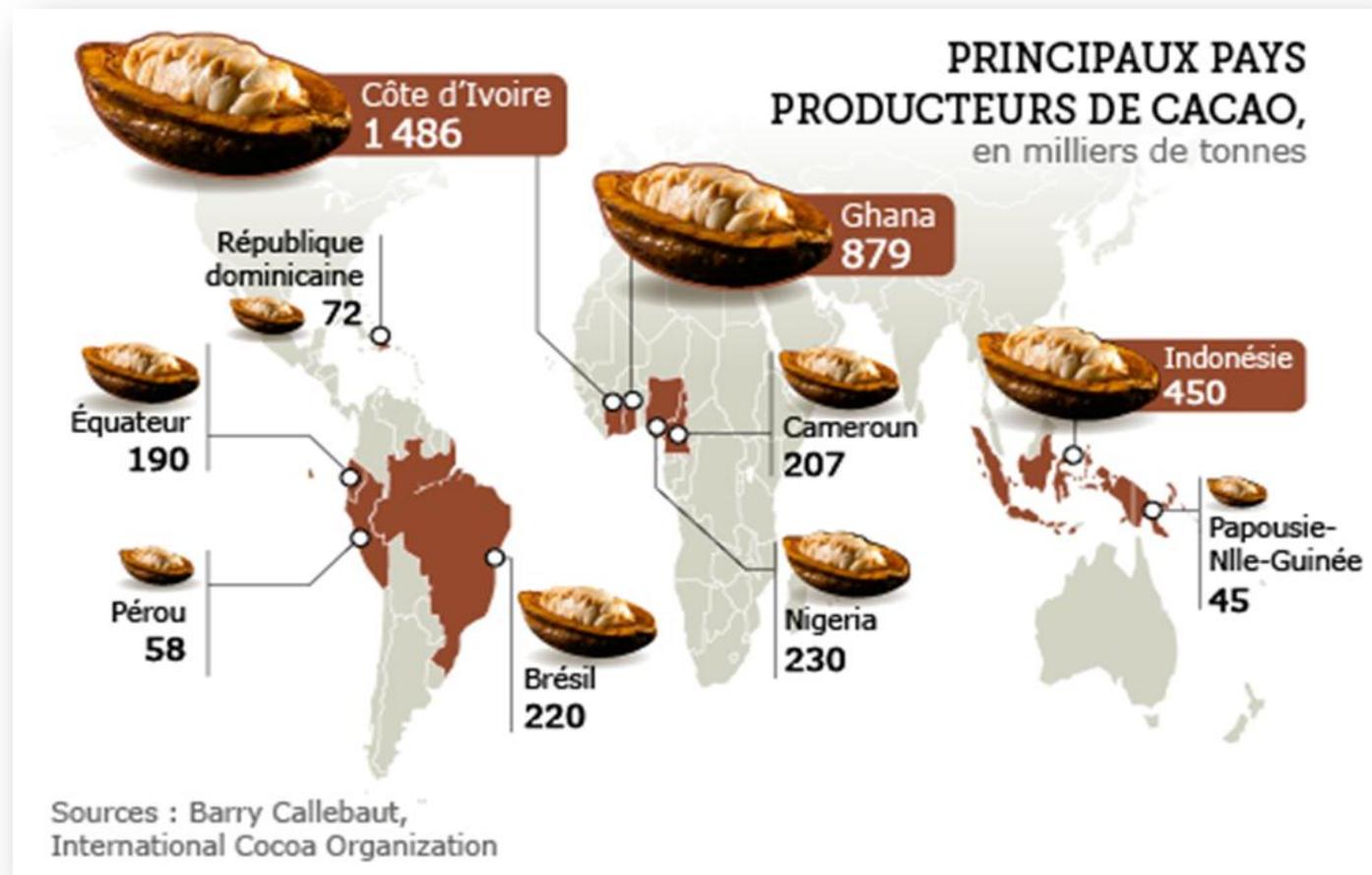
En 1857, Jean Neuhaus ouvre à Bruxelles une pharmacie. Il a l'idée d'envelopper ses médicaments d'une couche de chocolat pour en dissimuler le goût amer. La première chocolaterie belge est née ! Quelques années plus tard, en 1912, la popularité de la fève est multipliée par 10 grâce à l'invention de cet artisan chocolatier : Il fabrique les premiers chocolats fourrés qu'il appelle « pralines ».

Le cacao dans le monde

On compte aujourd'hui une trentaine de pays producteurs de cacao. La Côte d'Ivoire en tête, environ 70% du cacao est d'origine africaine. En 2013, la production mondiale de cacao a atteint environ 4 millions de tonnes (plus de 12 tonnes de cacao par jour en moyenne) dont 6% de cacao certifié.

Plus de 90% de la production mondiale provient de 6,5 millions de petites exploitations et on estime que 50 millions de personnes dépendent du cacao pour vivre.

Quant aux pays consommateurs, l'Europe se classe première et la Belgique occupe une belle position (4e européenne), avec près de 8 kg par habitant chaque année.



Les étapes de fabrication

La fabrication du chocolat à partir de la fève jusqu'au produit fini est un processus industriel qui comprend de multiples étapes chimiques, physiques, mécaniques...

Les fèves de cacao sont judicieusement choisies et doivent répondre à certains critères de qualité :

- Aucune odeur, ni saveur étrangère
- Aucune trace d'insecte ou d'autres corps étrangers
- Une homogénéité tant par leur aspect extérieur que par leur masse.



Le cacaoyer et la cabosse

La fève de cacao est la matière première indispensable à la fabrication du chocolat et provient d'un arbre : le cacaoyer (*Theobroma cacao*).

Petit arbre à feuilles persistantes, le cacaoyer produit des fèves comestibles aux saveurs variées en fonction des variétés. Les fèves se trouvent dans le fruit du cacaoyer : la cabosse.

La cueillette s'effectue à la main à l'aide d'outils tranchants. Après ouverture de la cabosse, les graines doivent être semées très rapidement car elles ont une durée germinative très courte (1 à 2 semaines au maximum).



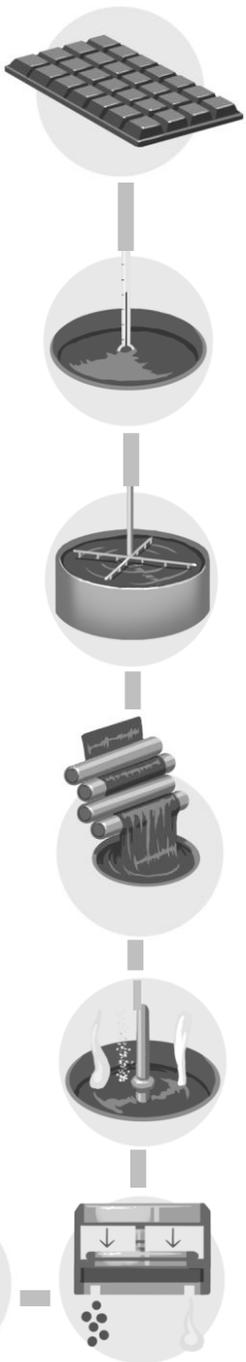
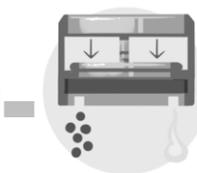
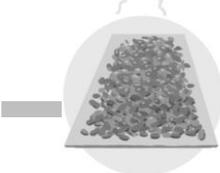
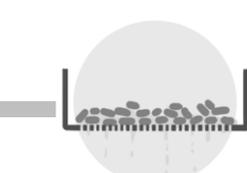
Le cacaoyer et les Mayas

Les Mayas vouaient un véritable culte au cacaoyer. Ils ont même un dieu du cacao, dénommé Ek chuah, dieu des ardeurs amoureuses.

Les cacaoyers ont besoin d'humidité, de chaleur et il faut éviter l'exposition directe au soleil. Les trois variétés cultivées de nos jours sont les **criollos**, les **trinitarios** et les **forasteros**.

Ces appellations datent de la conquête du Nouveau Monde et ces différentes espèces sont différenciées grâce à leurs fleurs, leurs fruits et leurs fèves.

Les cacaoyers produisent des fleurs qui poussent toute l'année, à même le tronc. Les fruits arrivent à maturité après 4 à 7 mois. Généralement, la récolte se fait sur deux périodes : de novembre à mars et de mai à juillet.



De la cabosse à la fève



Les cabosses récoltées sont ouvertes pour libérer les graines : c'est l'**écabossage**.

Rapidement, ces graines sont disposées dans un panier pour éviter qu'elles ne germent dans la pulpe.

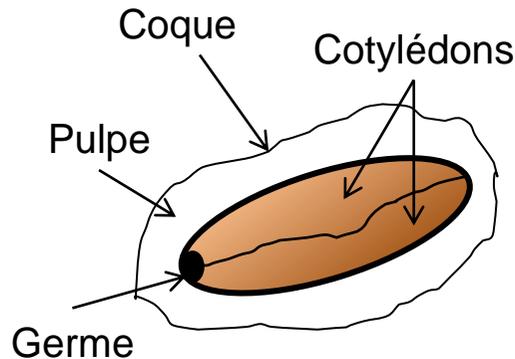
Grâce au soleil, la fermentation commence, empêchant ainsi la germination. Les graines passent alors d'une couleur jaunâtre à une teinte brune, couleur... chocolat.



Une cabosse peut contenir de **16 à 60 fèves** (ou graines) selon les espèces de cacaoyer.

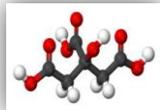
Les graines de cacao sont constituées :

- d'une coque
- de deux cotylédons imbriqués l'un dans l'autre
- du germe.
- d'une pulpe représentant 30 à 40% du poids total de la graine (mucilage).



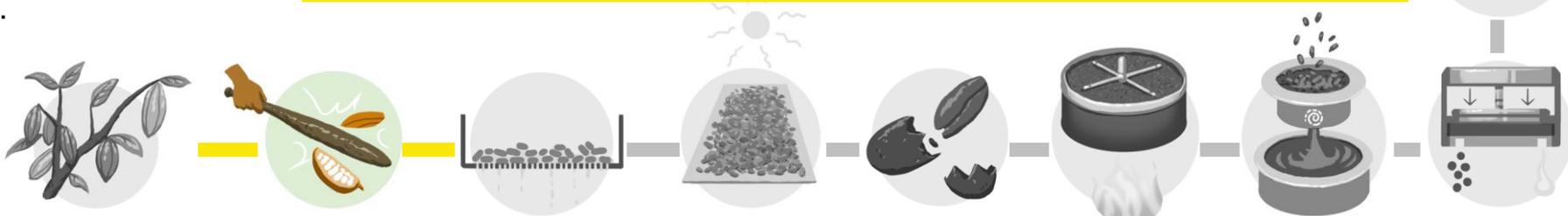
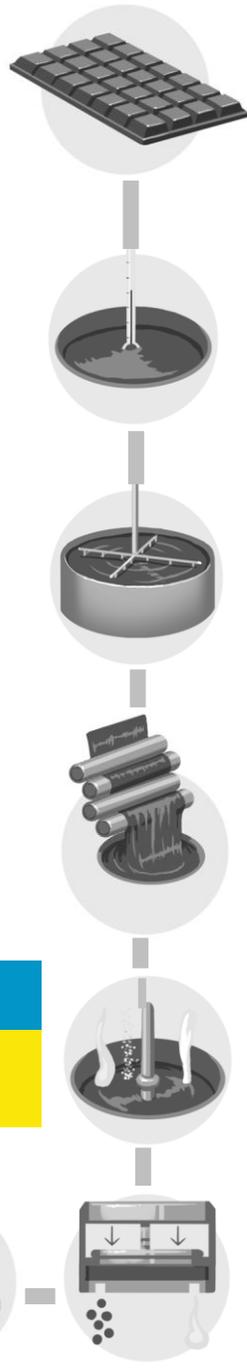
La pulpe est constituée de :

- 80% d'eau
- 12% de sucres (surtout de glucose)
- d'acide citrique
- de réseaux de pectine



Des fèves acides

L'acide citrique confère à la pulpe un pH proche de 3 indiquant une acidité assez forte, similaire à celle d'un soda.



La fermentation

La **fermentation** est une réaction biochimique se réalisant principalement dans des environnements dépourvus en dioxygène et transformant une substance organique grâce à des enzymes.

Ces enzymes sont produites par des **micro-organismes** invisibles à l'œil nu comme les levures, les bactéries, les champignons et les moisissures.

Les fermentations les plus connues

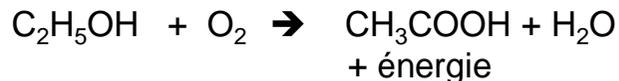
Fermentation alcoolique (levures)



Fermentation lactique (bactéries)



Fermentation acétique (bactéries)



Les deux fermentations pour fabriquer le chocolat :

La phase alcoolique

L'abondance de pulpe fait une sorte de ciment autour des graines et empêche l'air de pénétrer (**anaérobie**).

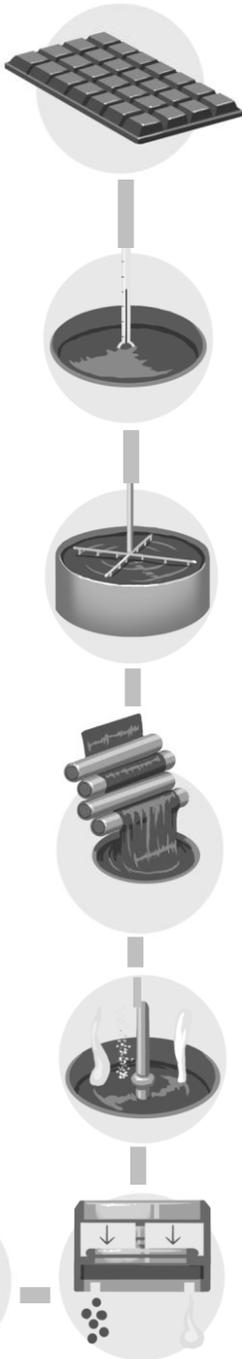
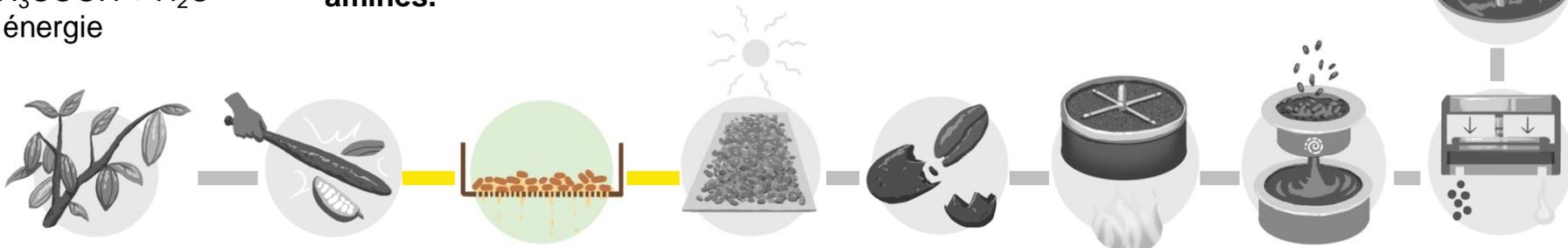
Cette condition est favorable au développement de **levures qui vont réaliser la fermentation alcoolique**. Durant celle-ci, le glucose présent dans la pulpe va être transformé en éthanol.

Les levures transforment aussi l'acide citrique de la pulpe et dégradent les pectines. La pulpe s'écoule sous forme de jus et le ciment qu'elle formait est détruit petit à petit, entraînant une micro pénétration d'air entre les graines (**aérobie**).

La phase acétique

Au bout de un à deux jours, les **nouvelles conditions** créées par la fermentation ne sont plus favorables aux levures mais cette fois-ci à des bactéries. En présence d'oxygène, ces **bactéries acétiques** transforment l'alcool précédemment formé en acide acétique.

L'acide acétique s'introduit alors dans la fève et va en modifier la structure interne. Cela entraîne de nouvelles réactions biochimiques (dégradation de l'amidon et des protéines par des enzymes) qui mènent à la formation des **précurseurs d'arômes** du chocolat : les **sucres simples** et les **acides aminés**.



La fermentation et l'industrie

Depuis plusieurs millénaires, le processus de fermentation est utilisé pour l'alimentation. Mais les progrès de la science ont permis aux industries d'utiliser la fermentation au sein de divers autres domaines.



Industrie alimentaire

Produit alimentaire



Utilisation de levures pour la fermentation de l'amidon (pain, bière,...)



Utilisation des bactéries lactiques sur les produits laitiers pour la fabrication de yaourt ou de fromage

Industrie pharmaceutique

Molécules pharmaceutiques



Culture de micro organismes (bactéries, levures) ou fermentation de cellules



Industrie énergétique

Biocarburants

Fermentation de sucres issus de matières premières végétales

Biogaz

Fermentation de résidus organiques (bactéries) avec production de méthane



Industrie plastique

Polymères dégradables

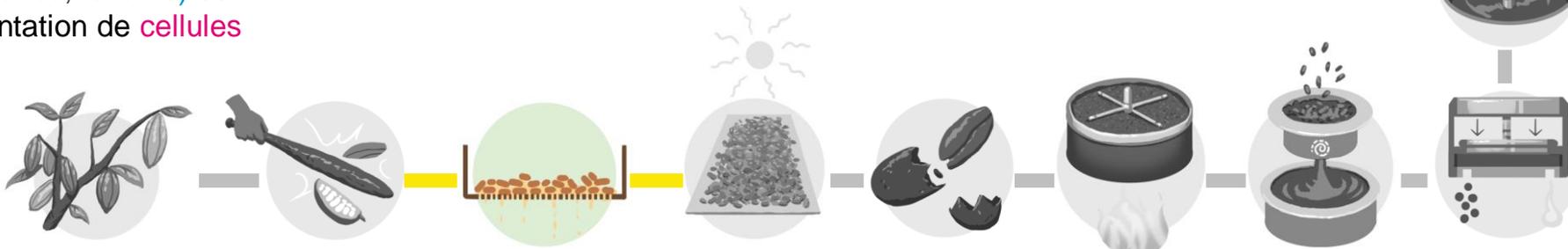
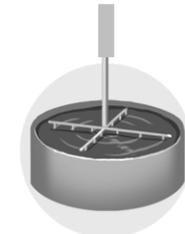
Fermentation de glucides (bactéries)



Industrie cosmétique

Huiles essentielles, arômes et parfums

Fermentation d'acides gras (bactéries)



Séchage et décortiquage

Le séchage :

Après la fermentation, les fèves de cacao sont exposées au soleil sur des bâches, des aires en ciment ou en bois, en couches de 3 à 4 centimètres d'épaisseur et fréquemment retournées. Dans les régions où les pluies sont trop abondantes, elles peuvent aussi être séchées dans des séchoirs artificiels. Ces fèves sèchent durant environ une semaine.

Ce séchage permet :

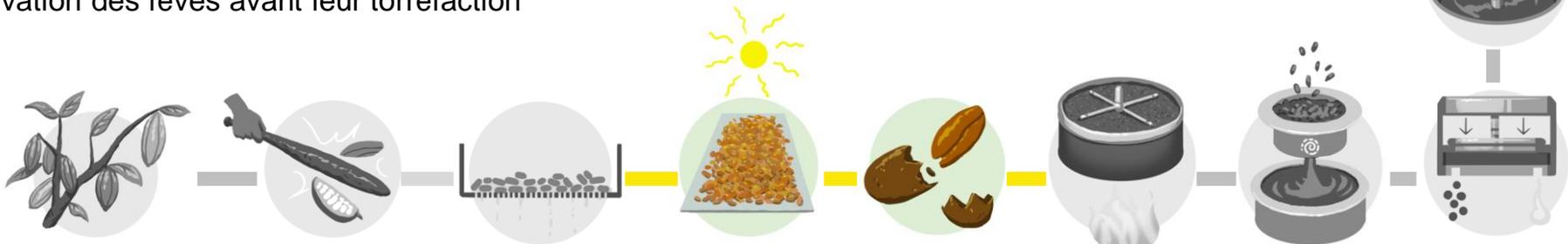
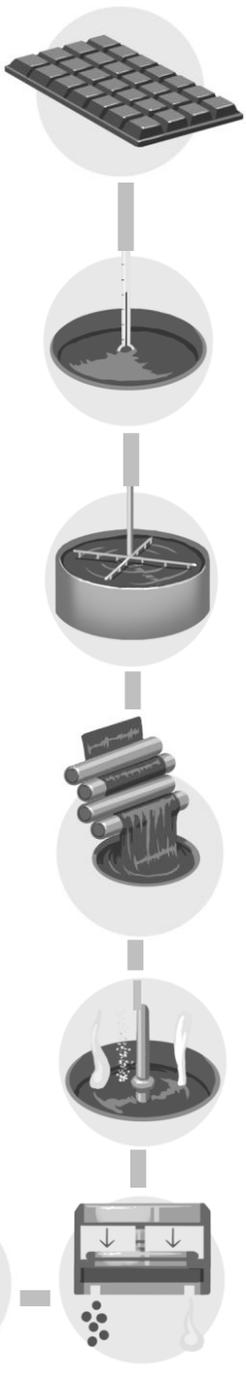
- de passer d'une teneur en eau de 60% à 7%
- de stopper les réactions de la fermentation
- d'éliminer une grande partie de l'acide acétique
- d'éviter le développement de micro-organismes pouvant altérer les saveurs ou encore sécréter des toxines
- une bonne conservation des fèves avant leur torréfaction



Après séchage, la coupe d'une fève doit être brune. Ce sont les polyphénols oxydés qui donnent cette couleur, les fèves mal fermentées seront violettes

Le décortiquage :

Le décortiquage des grains de cacao consiste à les broyer grossièrement puis à séparer les coques des cotylédons par ventilation et vibration.



La torréfaction

La torréfaction est l'étape achevant la formation des arômes du chocolat.

Elle a plusieurs buts :

- abaisser la teneur en eau des fèves de 7 à 2,5%
- éliminer les restes d'acide acétique encore présents après le séchage
- provoquer des réactions thermiques qui produisent les arômes du chocolat tel que nous le connaissons.



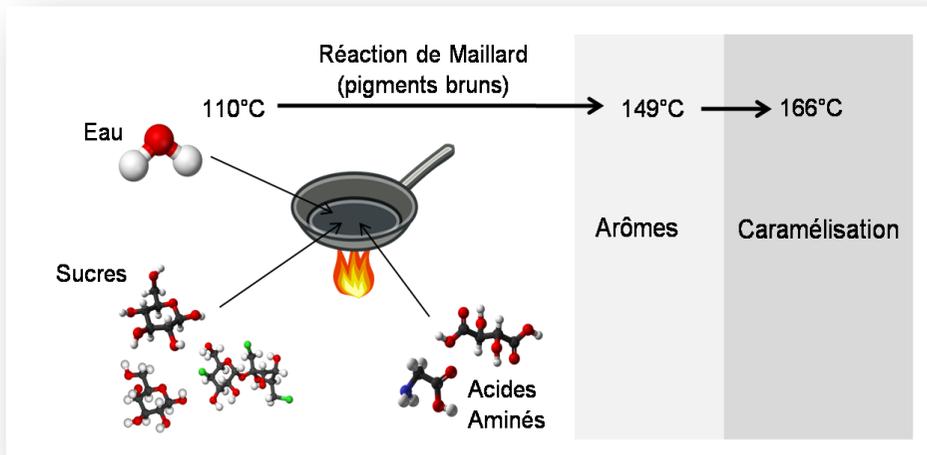
La torréfaction du cacao est proche de celle du café : on utilise des appareils à tambour, ou des systèmes à air chaud pulsé.

La température de torréfaction du cacao est comprise généralement **entre 110 et 140°C** pendant une durée de 15 à 40 minutes.

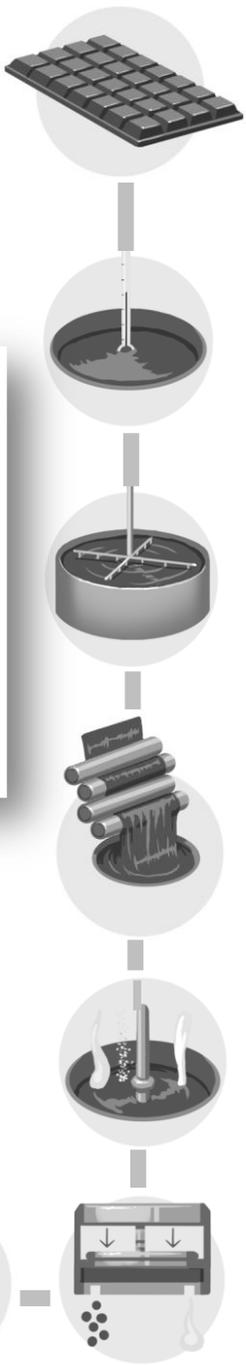
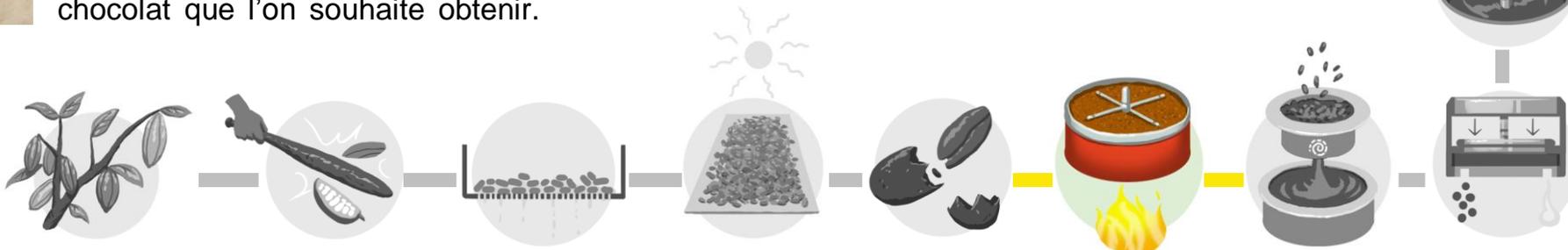
Ce couple varie en fonction de l'origine, de la qualité, de la teneur en eau, de la taille des fèves et surtout du type et de la qualité du chocolat que l'on souhaite obtenir.

Les réactions chimiques de la torréfaction

Les réactions chimiques de la torréfaction naturelle sont appelées « réactions de Maillard », car **décrites en 1912 par le médecin et chimiste Louis-Camille Maillard**.



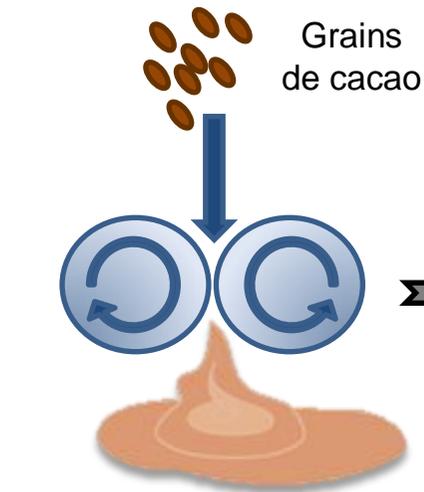
Durant cette étape, les sucres et acides aminés contenus dans la fèves réagissent et se transforment en molécules responsables des arômes du chocolat (plus de 500!).



Le broyage et le pressage

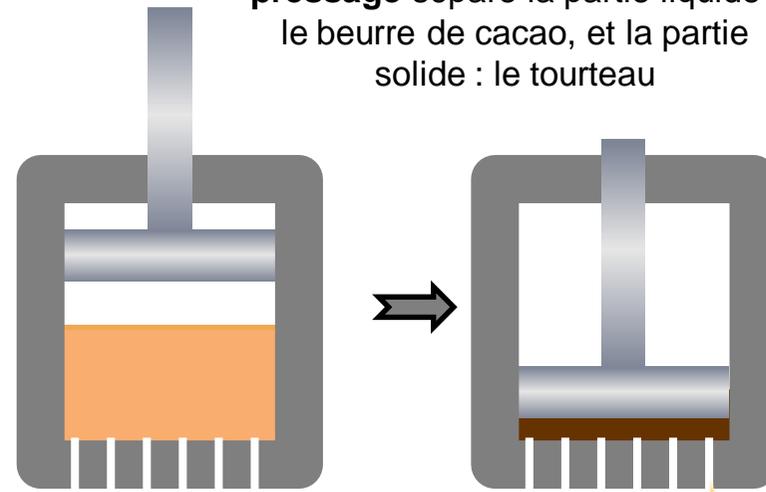
Le **broyage** et le **pressage** sont des étapes de la fabrication du chocolat nécessitant des machines très importantes.

Celles-ci vont permettre d'obtenir les deux matières premières utilisées pour le chocolatier : la poudre et le beurre de cacao.



A partir du **broyage** des grains de cacao, on obtient la pâte de cacao

A partir de la pâte de cacao, le **pressage** sépare la partie liquide : le beurre de cacao, et la partie solide : le tourteau

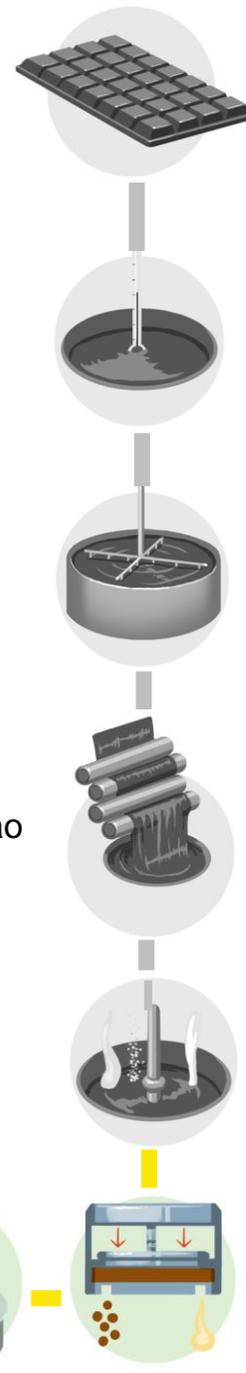


Tourteau

Beurre de cacao

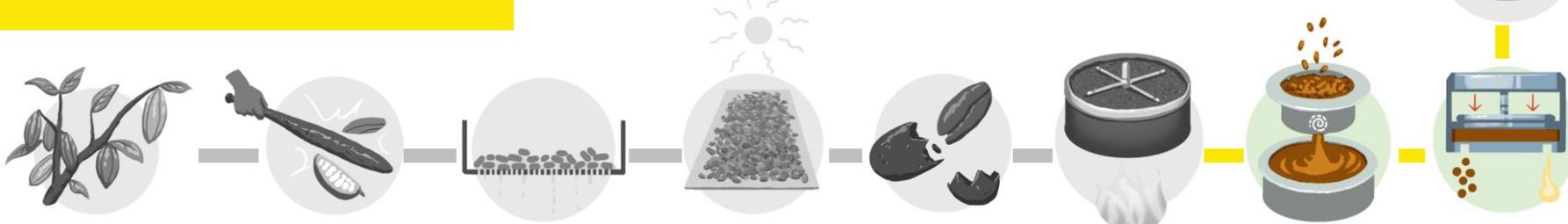


Le tourteau est à **nouveau broyé** pour obtenir la poudre de cacao.



1828 : la révolution industrielle du chocolat

En effet, c'est en 1828 que le chimiste néerlandais Conrad Van Houten développe la méthode de pressage permettant d'extraire une grande partie de la graisse contenue dans la fève de cacao (le beurre de cacao) et de fabriquer de la poudre de cacao



Le malaxage et l'affinage

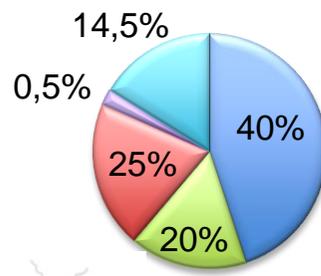
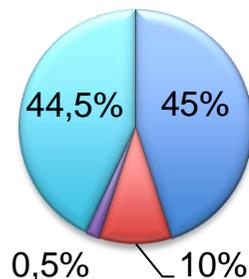
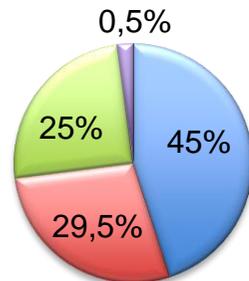
Durant le **malaxage** la masse de cacao est mélangée aux autres matières premières (beurre de cacao, sucre, et/ou produits laitiers) selon le chocolat que l'on veut obtenir : chocolat noir, chocolat au lait, ou chocolat blanc.

Le mélange se fait dans un malaxeur rapide où il est homogénéisé. La préparation est encore granuleuse (500 micromètres), comme du sucre cristallisé.

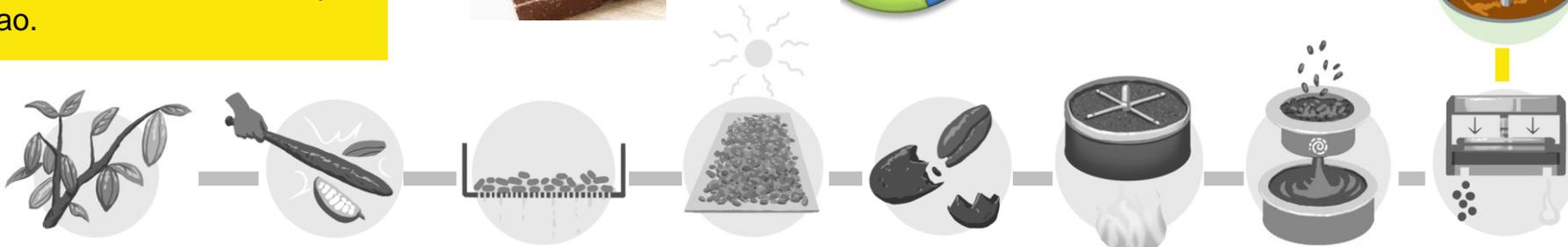
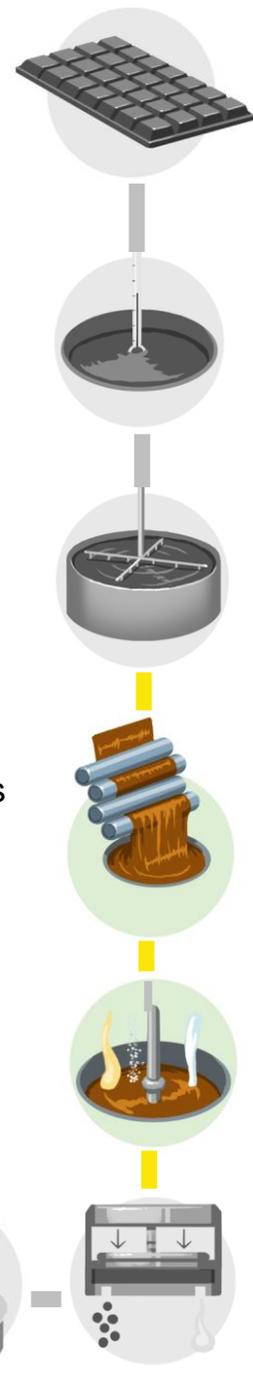
Pour réduire encore l'épaisseur, un **deuxième broyage (affinage)** est réalisé pour obtenir une pâte à 15 micromètres. La granulométrie correspond alors à celle du sucre glace, aussi appelé... impalpable!

Le chocolat blanc fait avec les restes ?

Le chocolat blanc a été produit pour la première fois dans les années 1930 par Nestlé, dans le but d'utiliser les surplus de beurre de cacao. Car, contrairement aux autres chocolats, il n'y a pas de masse de cacao.



- Sucre
- Lait en poudre
- Beurre de cacao
- Masse de cacao
- Autres ingrédients



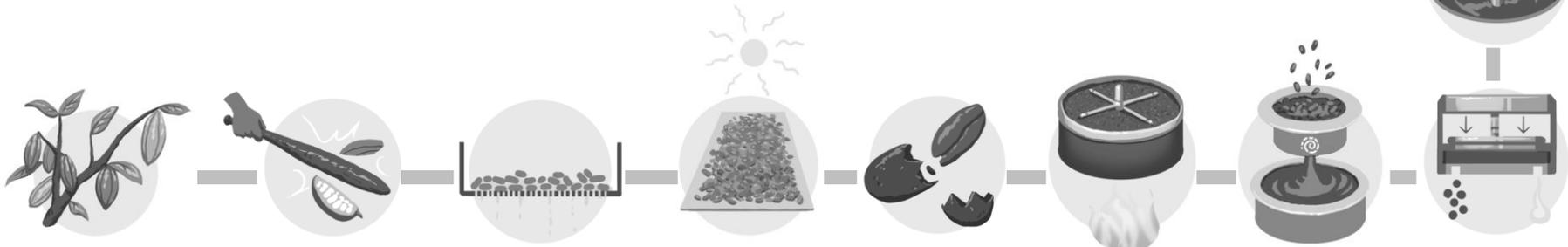
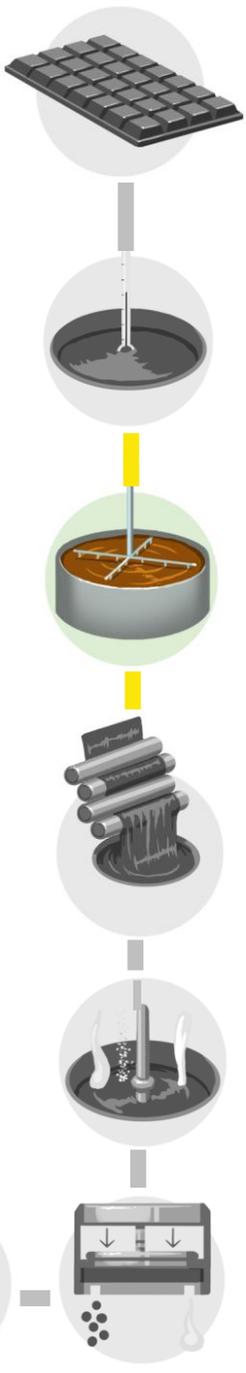
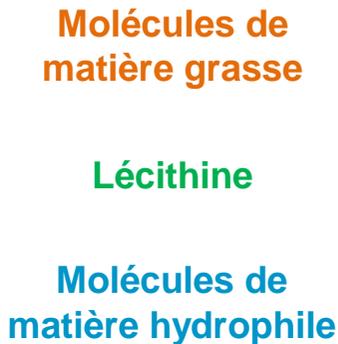
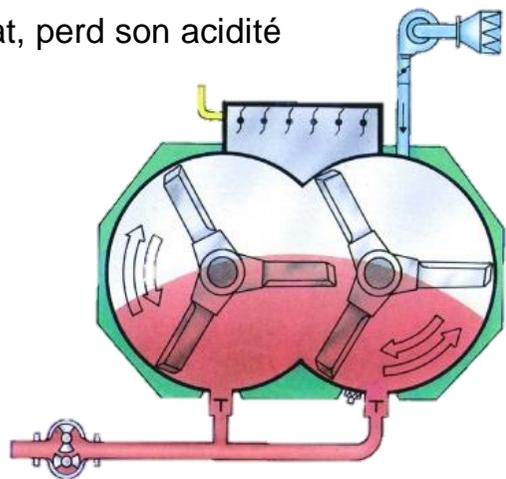
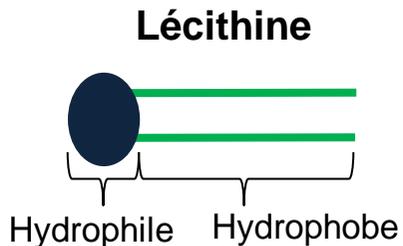
Le conchage

Le conchage, inventé par Rodolphe Lindt en 1879, est un **procédé d'affinage du chocolat par brassage** à une température de 80 degrés Celsius. Il permet **d'uniformiser le produit** et d'y incorporer le beurre de cacao additionnel ainsi que des **émulsifiants comme la lécithine**.

C'est au cours de cette étape que la pâte de cacao prend toute sa saveur chocolat, perd son acidité (les dernière molécules d'acide acétique sont éliminées), et obtient sa fluidité.

Le chocolat est une dispersion de particules hydrosolubles dans un film de matière grasse (hydrophobe). Il fait cohabiter le beurre de cacao et des matières non grasses. Pour stabiliser ce mélange, on ajoute un peu de lécithine (moins de 1%).

En effet, la lécithine est une molécule possédant à la fois un côté pouvant interagir avec des molécules hydrophiles, comme le sucre ou le cacao, et un côté capable de fixer des molécules hydrophobes, comme le beurre de cacao. C'est un additif alimentaire grâce auquel on réalise ce qu'on appelle une **émulsion**.



Les émulsions dans l'industrie

Une émulsion est un mélange, macroscopiquement homogène mais microscopiquement hétérogène, de deux substances liquides non miscibles, comme l'eau et l'huile. Une substance est dispersée dans la seconde sous forme de petites gouttelettes.

Tout comme il existe des émulsions naturelles (telles que le lait, mélange d'une solution aqueuse et de matières grasses), les molécules permettant une émulsion efficace sont utilisées dans plusieurs catégories de l'industrie moderne : alimentaire, cosmétique mais aussi pharmaceutique. En voici quelques exemples :

Industrie alimentaire

Mayonnaise



Huile + eau (+ moutarde)
Émulsifiant : lécithine du jaune d'œuf

Industrie Cosmétique

Crème hydratante, fond de teint...



Huile + ingrédients solubles dans l'huile
Eau + ingrédients solubles dans l'eau
Émulsifiants variés

Industrie Pharmaceutique

Vaccin, antibiotique...



Exemple: le squalène pour les vaccins

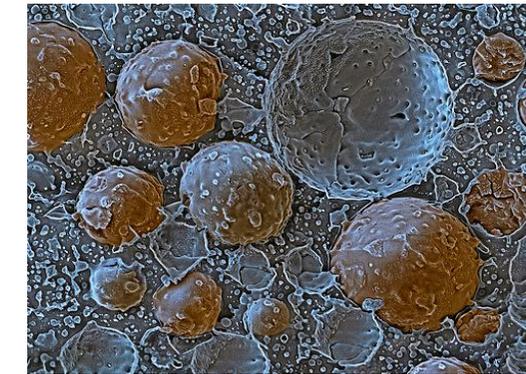
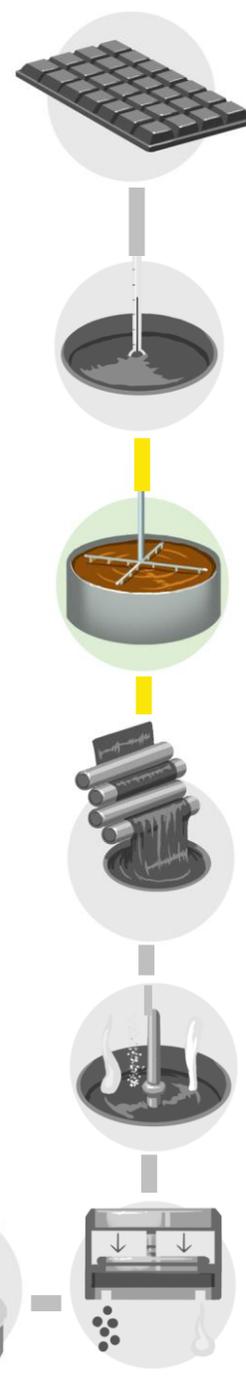


Image au microscope électronique d'une émulsion.
Agrandissement X30 000



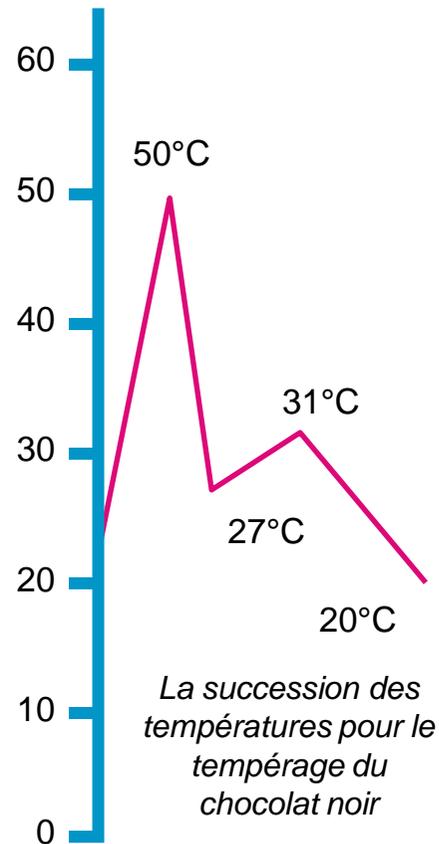
Le tempérage

Le tempérage a pour objectif d'amener le beurre de cacao vers sa **forme cristalline** la plus stable et la plus adaptée à la dégustation, la forme dite V du cacao. Ce beurre de cacao possède 5 formes cristallines différentes qui ont chacune une température de fusion propre.

Le tempérage consiste donc à ce que les matières grasses contenues dans le beurre de cacao fondent puis cristallisent d'une manière spécifique et ordonnée. Le chocolat peut cristalliser en six états différents. En effet, le beurre de cacao, quand il est sous forme solide, est constitué de différents types de cristaux, dits de forme I, II, III, IV, V et VI, fondant à des températures différentes (cf. tableau ci dessus).

Le tempérage confère au chocolat une fois refroidi un aspect brillant et lisse, ainsi qu'une dureté, un fondant particulier et permet une conservation plus longue. **Un chocolat bien tempéré "fond dans la bouche, pas dans la main"**

N° de forme de cristal	T° de fusion
I	15
II	19
III	23
IV	27
V	32
VI	34



L'exemple du chocolat noir

A **température ambiante**, les cristaux I et II sont fondus et les cristaux III commencent à fondre. Le chocolat est considéré comme non tempéré.

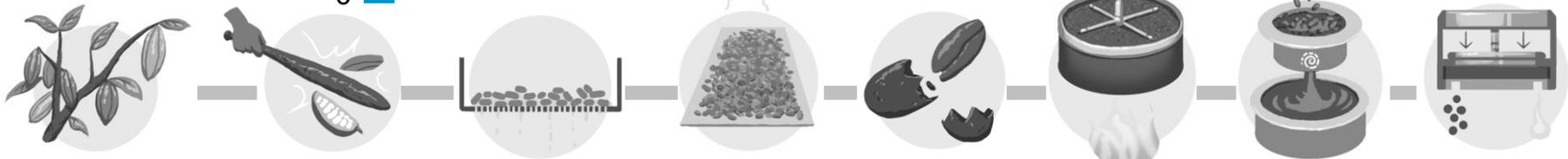
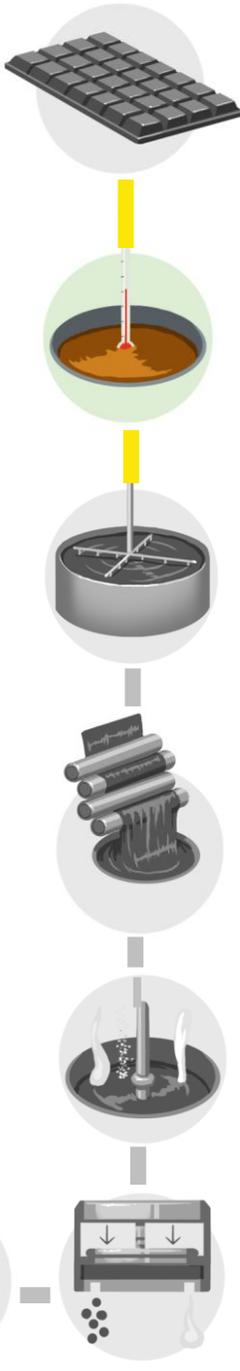
A **50°C**, tous les cristaux fondent. Le beurre de cacao est liquide, mélangé de manière homogène à la masse de cacao. Ainsi, le beurre fondu englobe les petites particules.

En refroidissant rapidement **jusqu'à 27°C**, de nouveaux cristaux cette fois-ci de type IV et V se forment.

En remontant la température à **31°C**, les cristaux qui ne sont pas sous forme V fondent. Par contre, les cristaux V continuent à se former.

A **20°C**, en mélangeant la couverture, la proportion de cristaux V augmente. Ils viennent même à grossir, entraînant la bonne cristallisation du chocolat.

En effet, dans un chocolat noir bien tempéré, on ne trouve que des cristaux V.



L'emballage et le stockage

Quelque soit sa forme ou la matière avec laquelle il est fabriqué, l'emballage a pour fonction principale de protéger le produit contre toute dégradation due à des agents extérieurs. Outre ses aspects environnementaux, la composition d'un emballage est d'une influence première sur les performances d'ensemble du produit ; les choix d'emballage faits par les conditionneurs, les distributeurs et les consommateurs seront déterminants. Dans l'emballage du chocolat, la feuille d'aluminium apporte une barrière à la lumière, à l'humidité et aux échanges gazeux ; elle se prête bien à l'enveloppement de la tablette et à son ré-enveloppement.

Pour conserver le chocolat, il faut respecter certaines conditions de température, d'humidité et de lumière.

LA TEMPERATURE

Au cours du temps, une pellicule blanche peut recouvrir certaines parties du chocolat. La remontée du beurre de cacao à la surface du chocolat est à l'origine de cette pellicule, appelée « blanchiment gras » (*fat bloom*). Des différences de température brusques lors de la conservation peuvent accélérer ce mécanisme. Cette altération visuelle du chocolat n'altère en aucun cas le goût. Les chocolats peuvent être dégustés.

Pour éviter ceci, la température optimale pour conserver le chocolat se situe entre 15 et 18°C.



LA LUMIERE

Les matières grasses du chocolat peuvent s'oxyder lors d'une exposition prolongée à la lumière. Cette oxydation fait rancir le chocolat. Pour empêcher cela, il faut le conserver dans son emballage d'origine, fermé dans un endroit frais et sec, afin d'assurer sa bonne conservation jusqu'à la Date Limite d'Utilisation Optimale (DLUO).

L'HUMIDITE

Le chocolat doit être conservé à l'abri de l'humidité. Si celle-ci est supérieure à 70%, elle peut engendrer un blanchiment du chocolat (*sugar bloom*). En effet, la condensation va dissoudre le sucre du chocolat et ainsi former en surface des cristaux gros et irréguliers. Les chocolats doivent donc être conservés dans leur boîte d'origine et bien refermés après chaque dégustation.



Le saviez-vous...

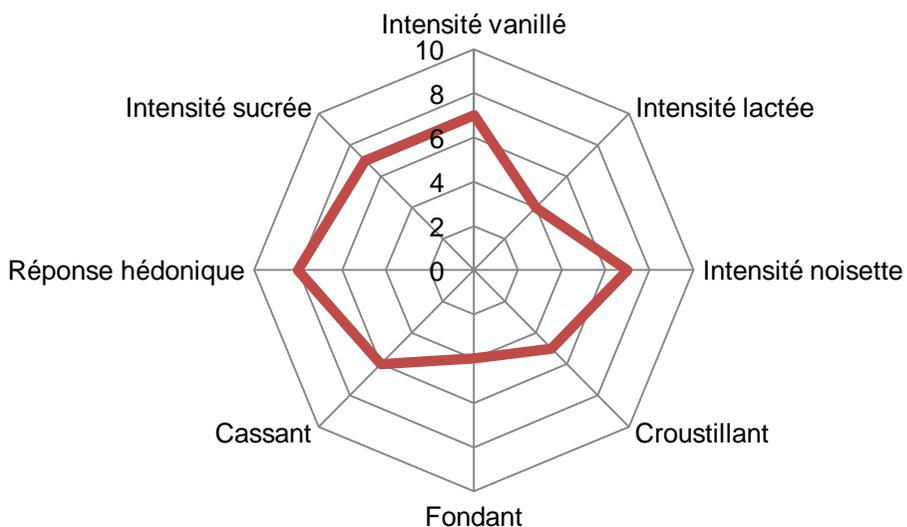
Les écarts de température comme la proximité de produits odorants sont à proscrire. Et conserver du chocolat au frigo est à éviter, en raison de la présence d'humidité.

L'analyse sensorielle

L'analyse sensorielle est une méthode qui intervient lors de l'élaboration d'un nouveau produit ou en routine, pour l'évaluation systématique de la qualité des fabrications.

Des dégustateurs aident à approuver ou à modifier la composition des produits. Des groupes de spécialistes entraînés savent non seulement analyser leurs sensations mais aussi apporter des indications objectives sur les caractéristiques gustatives des produits.

Leur compétence leur permet de nommer les caractéristiques de texture et de goût du produit, et de les noter selon l'intensité de la sensation perçue.

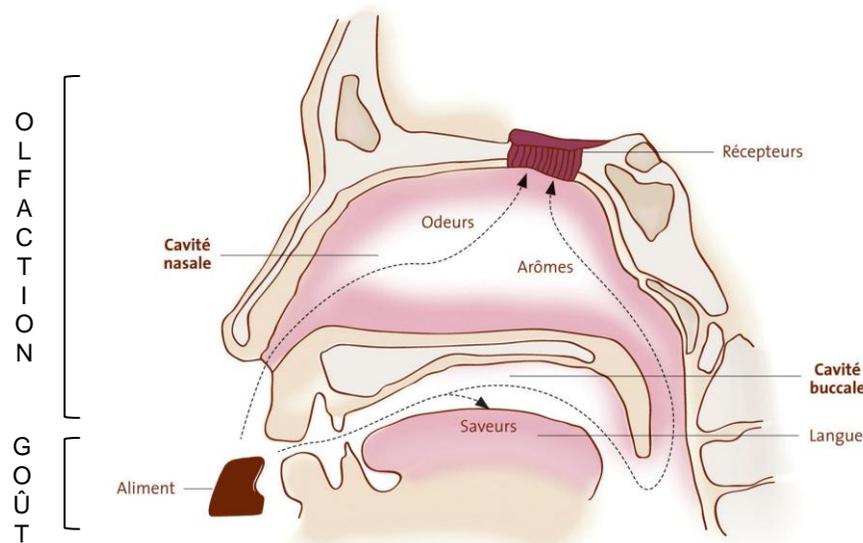


Pour une analyse sensorielle efficace, les papilles doivent être au repos. Il n'y a pas de zone clairement identifiable à une saveur particulière, toutes peuvent être perçues à différents endroits, mais à des intensités différentes.



L'olfaction : elle nous apporte de nombreux renseignements sur l'état du chocolat et est un élément qui permet d'anticiper le goût. On peut regrouper les odeurs en **grandes familles d'odeurs** : Florales, Fruitées, Végétales, Emphyreumatiques, Epicées, etc... puis déterminer ensuite l'arôme.

Le goût : Son analyse stricte se fait principalement sur la langue dès le contact physique. Les principales saveurs sont : **Sucré, Salé, Acide, Amer** et **Umami**. On parle aussi de **flaveurs** pour désigner l'ensemble des sensations perçues à partir de la bouche : saveurs et arômes mêlés, sans distinction.

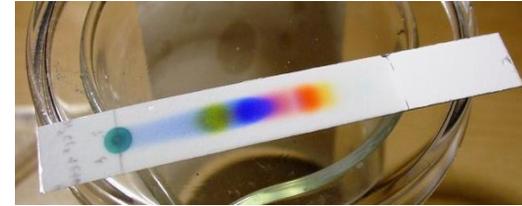


Définition :

La **chromatographie** est une méthode permettant la séparation de molécules à des fins d'analyse ou de purification.

Le principe général consiste à utiliser les propriétés de molécules dispersées dans une phase mobile face à une phase stationnaire. Ces propriétés peuvent être : la charge, la taille ou le caractère hydrophobe d'une molécule.

La phase stationnaire va donc ralentir ou retenir inégalement les différentes molécules, permettant leur séparation et ainsi leur analyse.



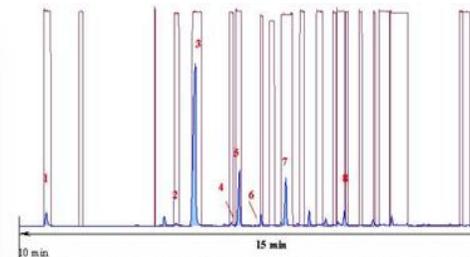
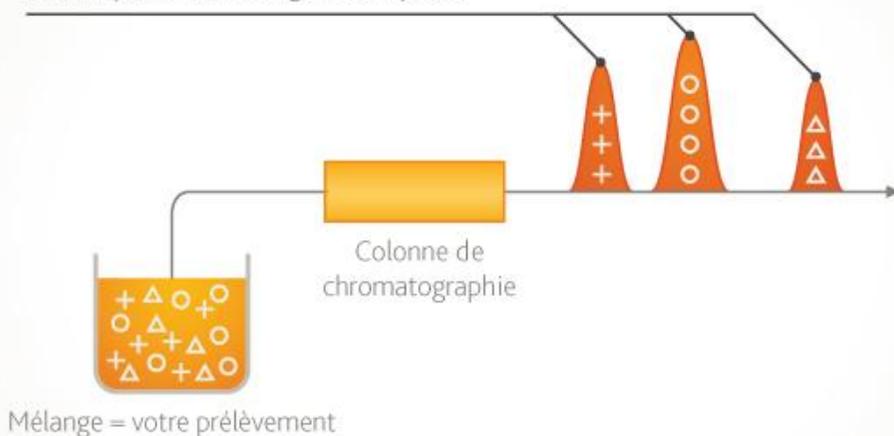
Cette chromatographie sur papier montre la séparation des différents pigments de couleurs d'un colorant alimentaire.

Les appareils de chromatographie utilisés dans les laboratoires d'analyse permettant d'identifier les différents éléments d'un produit en les séparant.



Principe de la chromatographie

Les composés du mélange sont séparés



L'analyse d'un produit par chromatographie donne un graphique où chaque pic représente un élément du produit séparé des autres grâce à la chromatographie.

Dans le domaine de la nutrition, de nombreuses applications en découlent :

- analyser les arômes
- déterminer la teneur en vitamines
- doser les sucres ou les édulcorants
- doser les agents conservateurs
- vérifier la fraîcheur d'un aliment (p. ex. poisson)
- dans le chocolat, préciser la teneur en théobromine

Le food pairing

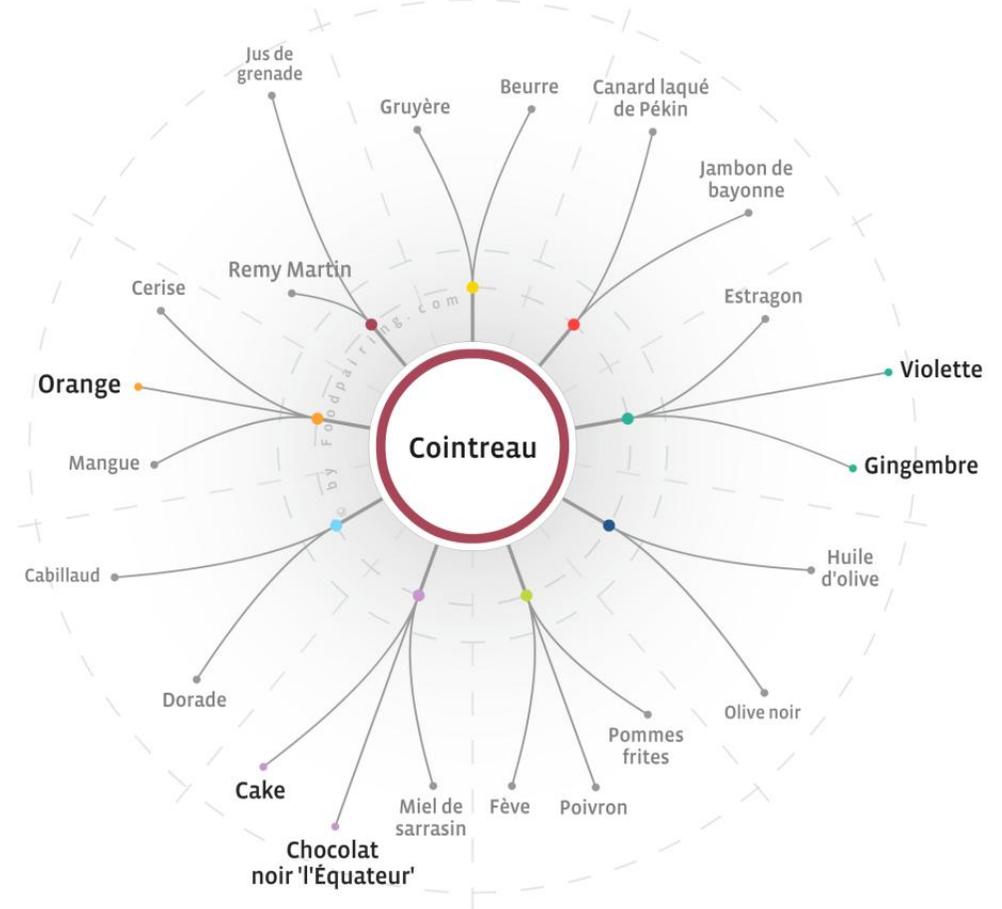
La méthode de food pairing

Cette méthode permet d'aider à la création de recettes et d'imaginer de nouvelles combinaisons d'ingrédients. Elle repose sur les combinaisons théoriques des composés odorants et de leur constitution chimique.

Elle part de l'hypothèse que les ingrédients et les boissons peuvent être combinés quand ils ont des arômes importants communs. Cela peut donner des combinaisons surprenantes, comme une association d'huître avec du kiwi ou du fruit de la passion.

Le food pairing commence notamment par l'analyse d'un ingrédient. Les composés odorants sont identifiés avec l'aide d'un dispositif de chromatographie en phase gazeuse, généralement couplé avec un dispositif de mesure de spectrométrie de masse.

Exemple d'associations



Le food pairing : outil de créativité !

Depuis 2007, une plate-forme web de food pairing est disponible. Lancée lors de l'événement gastronomique mondial Lo mejor de la gastronomía, les utilisateurs y choisissent des ingrédients et peuvent tester des associations jamais vues.

Les additifs alimentaires

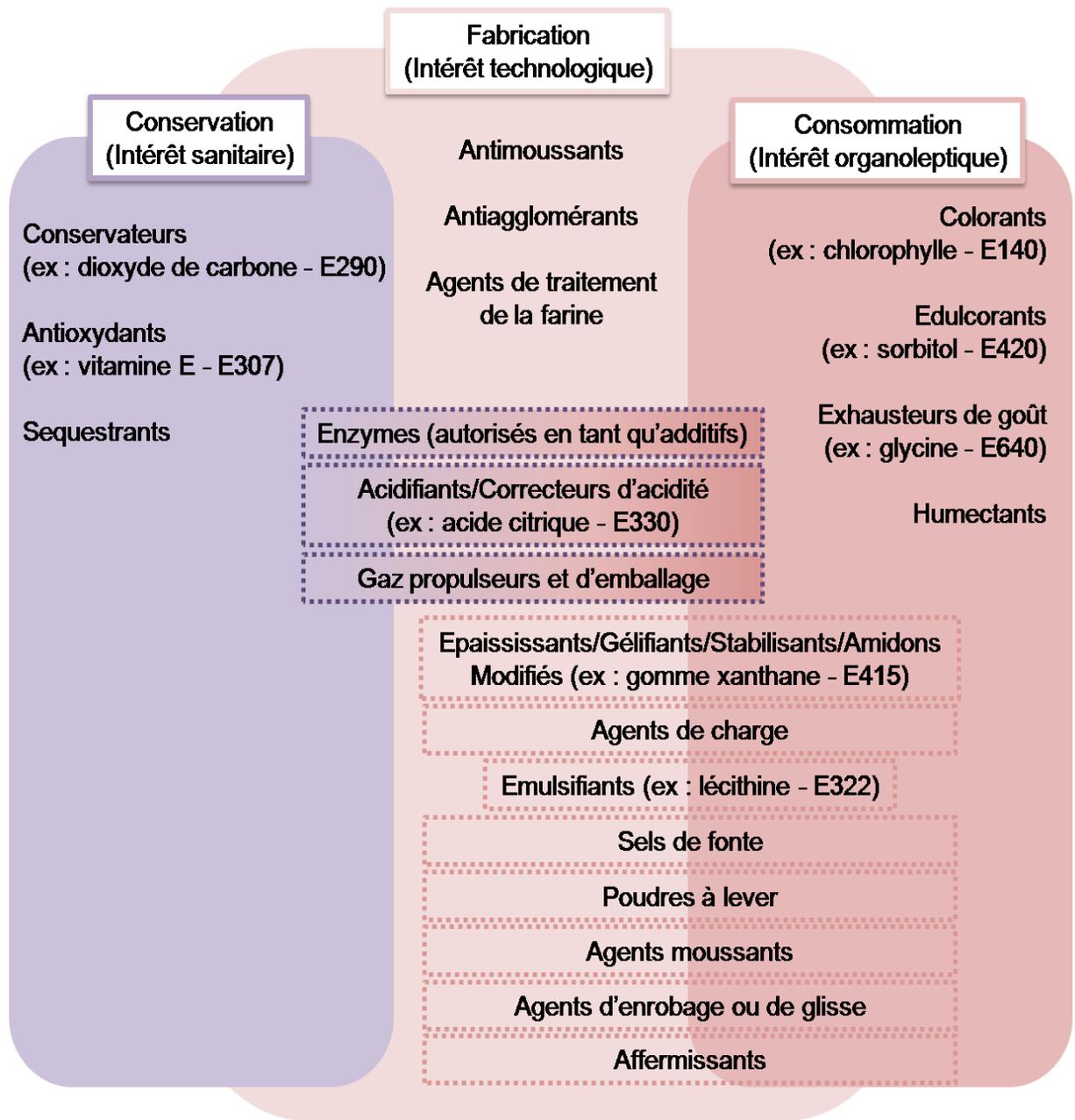
Schéma d'intérêt des additifs en alimentation humaine

Les additifs alimentaires sont des produits ajoutés aux produits alimentaires de base dans le but d'en améliorer la conservation, la couleur, le goût, l'aspect... Leur usage est très réglementé et est défini par une directive de l'union européenne. Un additif autorisé bénéficie d'un code du type **Exxx**.

L'usage est très contrôlé et l'aliment est interdit si la quantité contenue comporte un risque pour la santé.

Il s'agit principalement de molécules naturelles qui sont classées selon leur catégorie.

Plusieurs additifs sont utilisés lors de la fabrication du chocolat. La majorité des tablettes industrielles contiennent ainsi de la lécithine de soja (pour stabiliser le mélange) et de la vanilline de synthèse (moins onéreuse que la vanille).



L'information nutritionnelle

Dans l'Union européenne, l'étiquetage des denrées alimentaires est soumis à des règles permettant aux consommateurs européens de disposer d'informations complètes sur le contenu et la composition des produits alimentaires.

Le chocolat appartient à un groupe où les informations suivantes doivent figurer :

- La valeur énergétique
- La quantité de protéines, de glucides, de sucres, de lipides, d'acides gras saturés, de fibres alimentaires et de sodium

L'étiquette nutritionnelle

Exprimée en Kcal ou en KJ. La répartition de l'apport énergétique peut être représenté sous forme de graphique. Un adulte consomme en moyenne 2000 kcal/j

On distingue :

- **les protéines** de structure, qui constituent nos tissus
- **les enzymes**, avec un rôle actif comme catalyseurs de réactions chimiques dans l'organisme

Valeurs nutritionnelles	Pour 100g	Pour 3 carrés	% RNJ
Energie	2111 KJ 504 Kcal	352 KJ 84 Kcal	4%
Protéines	6.1g	1.0g	2%
Glucides	60.6g	10.1g	4%
dont sucres	52.2g	8.7g	10%
Lipides	26.4g	4.4g	6%
dont saturés	16.1g	2.7g	13%
Fibres	3.8g	0.6g	3%
Sodium	0.18g	0.03g	1%

La dégradation d'amidon et de sucres aboutit à la formation de glucose (étape finale de la digestion des glucides). Une fois entré dans la cellule, ce glucose peut être utilisé directement par la cellule pour fournir de l'énergie (60% de nos besoins) ou stocké dans les cellules du foie et des muscles sous forme de glycogène. En cas d'excès, l'organisme peut aussi transformer le glucose en acides gras (triglycérides).

Graisses qui se trouvent dans l'alimentation sous forme de triglycérides (rôle énergétique) et de phospholipides (rôle physiologique). Elles sont indispensables à la constitution des cellules, au métabolisme du cholestérol. En fonction de leur structure chimique, on distingue les acides gras saturés (origine animale principalement) et les insaturés.

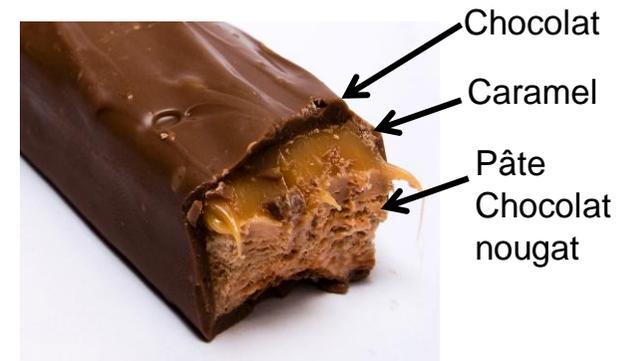
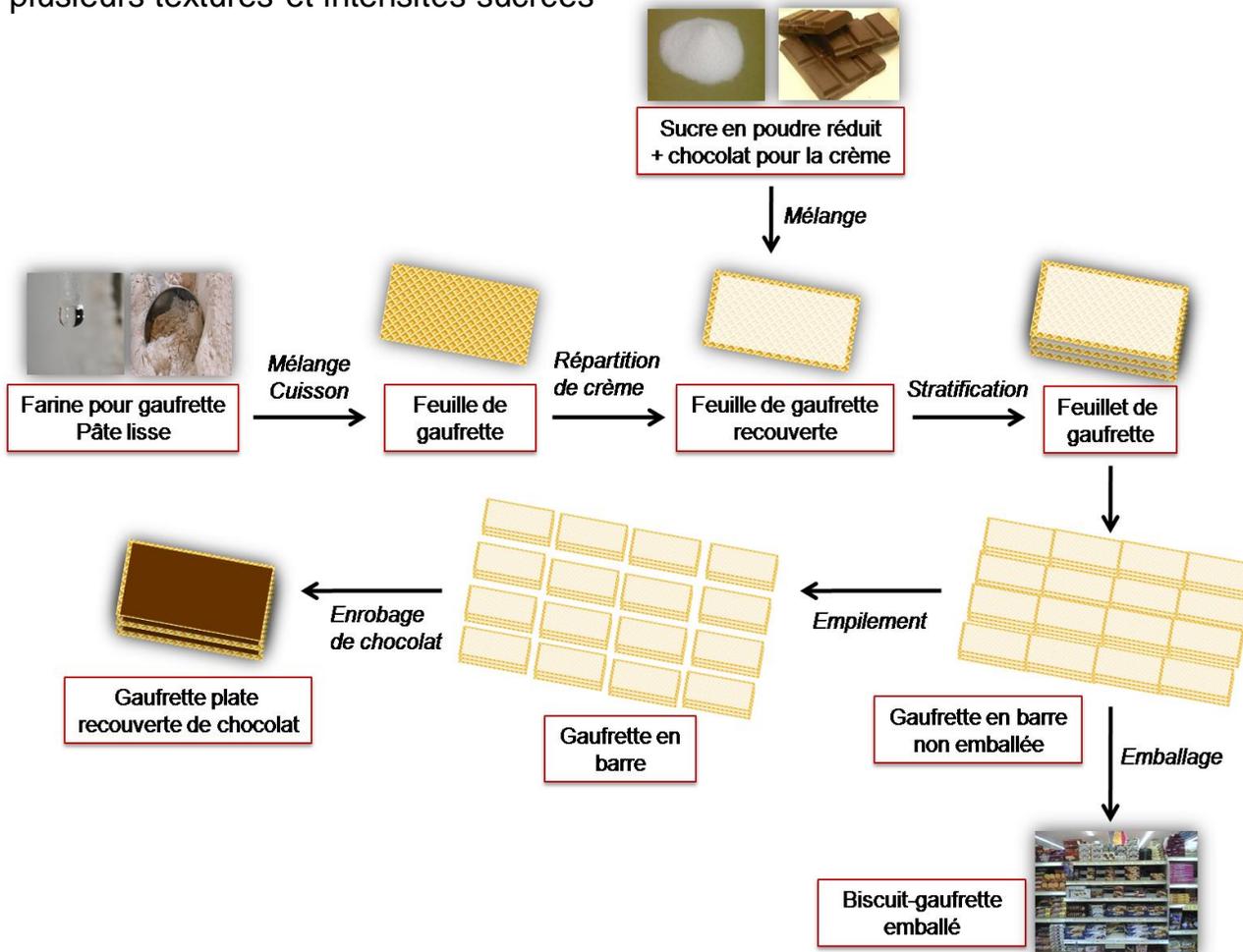
Les produits composés

Chocolat de couverture, tablettes et barres chocolatées, pralines, figurines creuses, pâtes à tartiner, granulés...

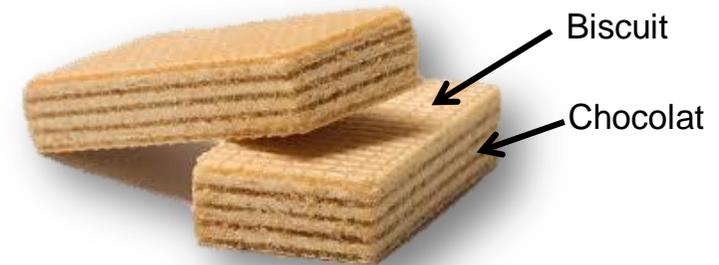
Le chocolat est présent dans la vie quotidienne sous des formes multiples.

D'autres produits dérivés ne font pas réellement partie de la gamme des chocolats car ils ne constituent pas, à proprement parler, une variation de technologie autour de la fabrication. Il s'agit des produits composés tels que les biscuits enrobés ou fourrés de chocolat, des candy-bars comme le Mars créé en 1932, ou encore les Kit-kat et Lion venus d'Angleterre.

La fabrication de ces produits dérivés par le secteur agroalimentaire est évidemment industrialisée et automatisée. Les produits obtenus allient plusieurs textures et intensités sucrées



Trois textures différentes
Trois intensités sucrées différentes

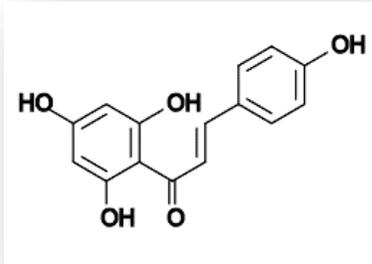


Deux textures différentes
Deux intensités sucrées différentes

Les vertus du chocolat

Les vertus du chocolat pour la santé sont très nombreuses et ont fait l'objet d'études scientifiques.

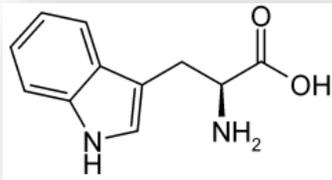
Une consommation régulière **mais modérée** (il contient aussi du sucre et de la matière grasse) de chocolat noir apporte de nombreux bienfaits, et ce, grâce aux multiples oligo-éléments et minéraux qui le compose. Zoom sur les principaux !



Les flavonoïdes (polyphénols)

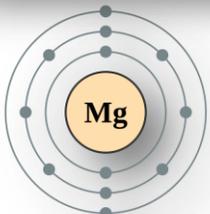
Le chocolat est l'un des aliments les plus riches en **flavonoïdes**, des antioxydants contenus dans la poudre de cacao à hauteur de 10% environ. Ces molécules luttent contre les radicaux libres susceptibles de léser les tissus et d'induire des affections cardio-vasculaires. Elles jouent un rôle non négligeable dans la prévention de certaines maladies comme le **cancer** et permettent de lutter contre le **vieillessement** prématuré des cellules et de renforcer la muqueuse intestinale.

La capacité antioxydante du cacao serait 2 à 3 fois plus élevée que celle du thé vert et du vin, 4 à 5 fois plus que celle du thé noir...



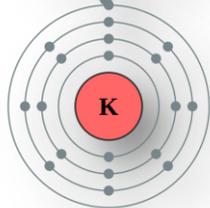
Le tryptophane

Une fois ingurgité, cet acide aminé se transforme et transmet de la sérotonine à l'organisme. Celle-ci joue un rôle essentiel sur l'humeur puisqu'il permet d'apporter une sensation d'apaisement et de bien-être. Déguster du chocolat favoriserait aussi la sécrétion d'**endorphines**, l'hormone du bonheur.



Le magnésium

Le cacao est une excellente source de magnésium. Ce dernier permet de combattre la fatigue, le stress et l'anxiété. 100 g de chocolat à croquer contiennent 1/3 des AJR en magnésium (110mg).



Le potassium

Il intervient dans la prévention de l'hypertension artérielle, des accidents vasculaires cérébraux et de l'ostéoporose.

Le cuivre

Il intervient dans la formation de l'hémoglobine et dans les mécanismes immunitaires et anti-infectieux. Il joue également un rôle antioxydant.

Les fibres

Grâce aux fibres dont il est composé, le cacao permet de limiter la constipation en stimulant le transit intestinal. 100g de chocolat noir à 70% de cacao renferment environ 15g de fibres, soit plus que certains légumes comme la courgette ou le concombre.

Références

Webographie

- <http://www.choprabisco.be>
- <http://www.synpa.org>
- <http://www.cap-sciences.net>
- <http://sciencesphysiquescollegemozart.over-blog.com>
- <http://en.wikipedia.org>
- <http://wiki.scienceamusante.net>
- <http://www.futura-sciences.com>

Crédit photos

Illustrations du processus de fabrication du chocolat et pictogrammes : Julien Gallot

Toutes les images sont soit sous licence GNU FDL, soit libres de droits.

« *Les jeunes, la chimie et les sciences de la vie* » est une action de sensibilisation des jeunes aux sciences par le biais de conférences spécialement conçues pour les élèves des trois dernières années du secondaire.

Ces conférences sont présentées en binôme formé d'un conférencier « junior » — jeune diplômé qui témoigne de son expérience de chercheur ou d'enseignant, de sa passion et de ses études — et d'un conférencier « senior » — cadre actif ou (pré)retraité qui témoigne de son métier, de son expérience en industrie et de sa carrière professionnelle.

