

Titre	Que peut-on extraire du thé ?
Niveau	Seconde
Thèmes de convergences	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sécurité : technique de chauffage</li> <li>• Alimentation : le thé, boisson principale d'une grande part de l'humanité</li> <li>• Faire bouillir l'eau de boisson pour la stériliser ....</li> </ul>
Liens et prolongements avec les autres niveaux / disciplines	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enseignement scientifique PC première L : a) caractère antioxydant des composés phénoliques b) influence de la dureté de l'eau</li> <li>• SVT 1°S oxydation enzymatique (fermentation) du thé ; thé vert, thé noir ? 1°S Comment les espèces chimiques sortent des cellules ? osmose ? éclatement ? en liaison avec macération, décoction etc ... 1°L L'alimentation repose sur des choix: vocabulaire sensoriel</li> </ul>
Parties du programme	<ul style="list-style-type: none"> <li>• PC : Chimique ou naturel :</li> </ul> <p>Le monde de la chimie : approches expérimentale et historique de l'extraction, de la séparation et de l'identification d'espèces chimiques</p>
Connaissances à acquérir	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Connaître les définitions de : macération, infusion, décoction.</li> <li>• Principe de l'extraction par solvant</li> <li>• Différence entre macération, décoction, infusion</li> <li>• Extraction d'espèces chimiques à partir d'un produit de la nature : extraction par solvant</li> </ul>
Capacités déclinées dans une situation d'apprentissage	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mettre en œuvre une technique d'extraction</li> <li>• Reconnaître et nommer la verrerie de laboratoire : l'ampoule à décanter</li> </ul>
Attitudes développées	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sens de l'observation</li> <li>• Esprit critique</li> <li>• Observation des règles élémentaires de sécurité, respect des consignes</li> <li>• Respect de soi et respect des autres</li> <li>• Responsabilité face à l'environnement</li> <li>• Démarche scientifique : mise en œuvre d'un protocole d'expérience pour mettre en évidence l'influence de divers facteurs sur un phénomène ; expériences témoin</li> </ul>

## Fiche élèves

Titre	Que peut-on extraire du thé ?	
Niveaux	seconde	
Protocole général		
		opérations réalisées
Recherche	<b>Comment obtient-on du thé noir ?</b> Recherche bibliographique sur la plante thé et la boisson thé (Fermentation du thé)	
Caractérisation	<b>Comment caractériser une infusion ? : Analyse sensorielle</b> (cette séquence pourra être réalisée au réfectoire dite salle de dégustation) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparer une infusion de thé noir (infusion pendant trois minutes dans l'eau du robinet).</li> <li>• Distribuer dans un verre transparent quelques mL d'infusion (appelés liqueurs).</li> <li>• Chaque élève sent, regarde et goûte la liqueur.</li> <li>• Décrire du point de vue de la couleur, de l'odeur et de la saveur la liqueur.</li> <li>• Un choix des termes de vocabulaire sera retenu.</li> </ul>	
Extraction dans l'eau	Etude comparative : deux thés et deux eaux sont utilisés Ces extractions sont réalisées avec 2 g de thé, feuilles entières, en vrac ou en sachet Les expériences sont réalisées avec un thé vert et un thé noir dans une eau faiblement minéralisée du type Mont Rocous® ou Volvic® et une eau minéralisée du type Hépar® ou Vittel® <ul style="list-style-type: none"> <li>• Préparer douze verres, inscrire sur chacun les indications nécessaires à la reconnaissance de l'expérience, exemple : eau Volvic® froide, thé vert, macération.</li> <li>• Placer un sachet de thé dans 100 mL d'eau froide contenue dans un verre, le laisser trois minutes. Agiter.</li> <li>• Placer un sachet de thé dans 100 mL d'eau bouillante, le laisser trois minutes. Agiter. Laisser refroidir.</li> <li>• Placer un sachet de thé dans 100 mL d'eau froide, faire bouillir pendant trois minutes. Agiter. Laisser refroidir.</li> <li>• Observer les évolutions de couleur,</li> <li>• Décrire et caractériser avec le vocabulaire retenu les couleurs obtenues dans les trois cas, reporter les conclusions dans un tableau.</li> <li>• Ne pas jeter ces préparations</li> </ul>	
	Dans la salle de dégustation: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Le professeur réalise dans des théières les extractions à chaud, et distribue aux élèves des échantillons dans des gobelets jetables.</li> <li>• Décrire les odeurs dans les huit cas</li> <li>• Décrire la saveur dans les huit cas</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conclusion :               <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Définir en quelques mots les opérations effectuées dans tous les cas, mettre en évidence les ressemblances et les différences.</li> <li>2. En déduire une définition de l'extraction.</li> </ol> </li> </ul>	
Extraction dans un autre solvant	<u>Extraction de la caféine</u> (expérience collective à mettre en route à l'avance) <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduire 28 g de thé dans un ballon équipé d'un réfrigérant.</li> <li>- Ajouter 12g de carbonate de sodium et 300mL d'eau.</li> <li>- Agiter.</li> <li>- Chauffer à reflux pendant 2 heures.</li> <li>- Refroidir le contenu du ballon.</li> <li>- Filtrer.</li> <li>- Extraire avec 2 fois 50 mL de dichlorométhane.</li> </ul>	

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sécher les phases organiques réunies (phases inférieures) sur du sulfate de magnésium anhydre.</li> <li>- Evaporer le solvant (opération collective sur fiole à vide).</li> <li>- On obtient une poudre verte.</li> <li>- Recristallisation de la caféine : dissoudre la poudre verte dans 10mL d'acétone à chaud, ajouter lentement de l'éther de pétrole jusqu'à cristallisation, essorer les cristaux sur büchner.</li> </ul>	
Mise en évidence des pigments	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réaliser un montage de distillation.</li> <li>• Procéder à la distillation d'une solution de thé.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recueillir et étudier le distillat : solution limpide transparente et incolore mais odorante, elle contient les molécules aromatiques.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recueillir le "résidu" contenu dans le ballon, faire une évaporation à sec, on obtient une quantité de colorant faible, A noter que l'on pourra obtenir une solution colorée en ajoutant de l'eau dans le bécher asséché.</li> </ul>	
Mise en évidence des composés phénoliques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Test : mise en évidence des composés phénoliques à l'aide d'une feuille de gélatine.</li> <li>• Les composés phénoliques se lient aux protéines et provoquent leur précipitation ce qui permet de mettre en évidence ceux-ci.</li> <li>• Reprendre les béchers contenant l'infusion et la décoction de thé noir dans les deux types d'eau.</li> <li>• Dissoudre à chaud dans chacune un quart de feuille de gélatine.</li> <li>• Comparer la dissolution d'une feuille de gélatine dans chaque solution.</li> </ul>	
	<p>Autre expérience de mise en évidence :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Faire passer un rayon laser perpendiculairement à un becher contenant une infusion de thé noir dans l'eau de Vittel®</li> <li>• Puis perpendiculairement à un becher contenant une infusion de thé noir dans l'eau de Volvic®</li> <li>• Décrire ce qui est observé dans les deux cas</li> <li>• Enfin ajouter un jus de citron,</li> <li>• Comparer les observations dans les trois cas et interpréter</li> </ul>	
Oxydation des composés phénoliques	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mise en évidence : laisser refroidir un fort thé noir, que voit on apparaître ?</li> </ul>	

## Fiche professeur – évaluation – barème

Titre	que peut-on extraire du thé ?		
Niveaux	seconde		
Protocole général	Opérations unitaires	Connaissances, capacités,	barème
Recherche	• Utilisation des ressources		*
	• Rédaction d'un document	utilisation du vocabulaire spécifique à bon escient	*
	• Pertinence des documents		*
Extraction dans l'eau	• Utilisation du vocabulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>• macération, infusion, décoction.</li> <li>• Mettre en œuvre une technique d'extraction</li> </ul>	* *
	• Définition des termes	• Connaître les définitions de macération, infusion, décoction.	*
Extraction dans un autre solvant	• Montage Chauffage à reflux	A propos des changements d'état ; ébullition <ul style="list-style-type: none"> <li>• Justifier le montage</li> <li>• Légender le montage</li> </ul>	* *
	• filtration	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconnaître et utiliser la verrerie du dispositif de filtration</li> <li>• Mettre en œuvre une technique de filtration</li> <li>• Suivre un protocole ; vocabulaire spécifique (filtrat)</li> </ul>	* * **
	• décantation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconnaître et utiliser la verrerie du dispositif de décantation : ampoule à décanter</li> <li>• Suivre un protocole en respectant les consignes de sécurité;</li> <li>• Connaître la signification de la masse volumique</li> <li>• réflexion sur miscibilité : prévoir le liquide surnageant dans un système constitué de deux liquides non miscibles</li> <li>• Connaître du vocabulaire spécifique</li> </ul>	* * * *
Mise en évidence des pigments	• Montage pour distillation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suivre un protocole en respectant les consignes de sécurité;</li> <li>• Connaître température de changement d'état</li> <li>• Légender le montage</li> </ul>	* * *
Mise en évidence des composés phénoliques		• Observer et décrire (compétence transversale)	*

Chaque étoile vaut 1 point. La note est ensuite ramenée à une note sur 20 par une règle de trois. Cette technique permet d'utiliser l'ensemble ou une partie seulement des manipulations.

**Fiche laboratoire**

**Liste de matériel :**

**Par paillasse élève**

- Des sachets de thé noir et vert (éviter le thé noir fumé)
- Ou thé en feuilles pesées 2 g
- Eau peu minéralisée type Mont Roucoux® ou Volvic ®
- Eau minéralisée type Vittel® ou Hépar ®
- Dichlorométhane
- Sulfate de magnésium anhydre
- Acétone
- Ether de pétrole
- Feuilles de gélatine
- Douze béchers de 250 mL ou verres
- Bec Bunsen ou plaque chauffante
- Chronomètre
- Passoire
- Agitateur
- Un montage de chauffage à reflux
- Un montage de filtration
- Une ampoule à décanter et son support
- Un montage à distillation

**Paillasse prof (pour 20 élèves)**

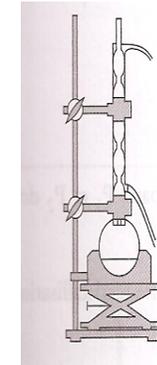
- Des sachets de thé ou thé en vrac
- Des gobelets jetables
- Des théières
- un jus de citron

Les essais ont été réalisés avec

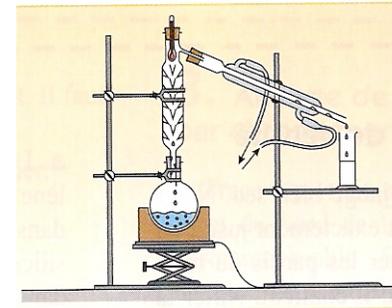
Les eaux : Mont Roucoux®, Volvic®, Vittel®, Hépar®,

Et les thés :

- thé noir en feuilles: Ceylan, orange pekoe marque Kusmi®,
- thé vert en feuilles : gunpowder marque Twinings®,



Appareil de chauffage à reflux



Appareil à distillation

Compléments scientifiques*Caractérisation d'une infusion*

\_Analyse sensorielle : descripteurs possibles (vocabulaire des goûteurs de thé norme ISO 11035)

<b>odeur</b>	herbe fraîche, fruits rouges, terreuse, agrume, foin
<b>apparence</b>	Limpide, bulles, lumineux : de brillant à terne, dépôt huileux : présence d'un film en surface, couleur
<b>savoir</b>	Acide, amer, astringent, métallique

Ce vocabulaire commun est utilisé pour les caractérisations ultérieures.

*Extraction dans l'eau*

Une **macération** est une extraction des constituants solubles (colorés, sapides, odorants) par dissolution dans un liquide **à la température ambiante**.

Une **infusion** est une extraction des constituants solubles par dissolution dans un liquide **bouillant** que l'on laisse refroidir.

Une **décoction** est une extraction des constituants solubles par dissolution dans un liquide porté **à ébullition** quelques temps.

*Différences* : la technique utilisée : liquide froid, liquide bouillant qu'on laisse refroidir ou liquide porté à ébullition

*Ressemblances* : même feuilles de thé pour un même solvant.

Dans l'eau chaude, on extrait surtout la caféine, les composés phénoliques solubles dans l'eau chaude, des pigments et le glucose.

Plus le temps d'infusion est long, plus le thé est concentré en caféine et plus les notes amères dominent signe d'une plus grande concentration en composés phénoliques.

Les principales caractéristiques des liqueurs de thé concernent leur odeur, leur apparence et leur goût.

L'odeur est due à de nombreux composés organiques volatils.

La couleur et la saveur sont dues à des composés organiques.

Ce sont les composés phénoliques qui donnent au thé sa couleur et sa saveur particulière.

L'astringence n'est pas une saveur ; elle correspond à une sensation de bouche râpeuse ou rêche. Cette astringence résulte d'une réaction chimique, entre les protéines lubrifiantes de la salive et les certains composés phénoliques du thé : les protéines étant liées par les composés phénoliques ne peuvent plus lubrifier la bouche, qui devient rêche.

Vo/V  
Vi/V  
Vo/N  
Vi/N



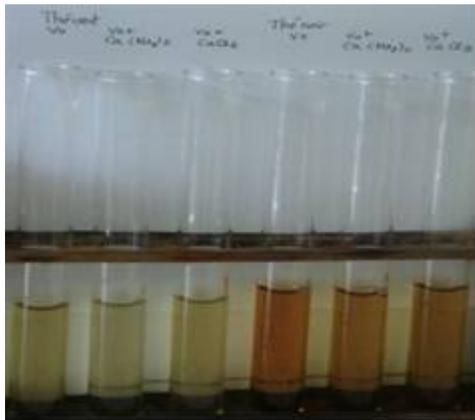
Vi : eau de Vittel®  
Vo : eau de Volvic®  
N : thé noir  
V : thé vert

Macération (M)      Infusion (I)      Décoction (D)

Photographies atelier science et cuisine



Plus la minéralisation est importante, plus l'extraction est faible. Les ions calcium (entre autre) ont une influence sur la couleur des liqueurs de thé : les composés phénoliques peuvent former des complexes avec les ions métalliques moyennant l'échange d'un ou deux protons; Il en résulte des liqueurs moins colorées.



Vo : eau de Volvic®  
Vi : eau de Vittel®  
N : thé noir  
V : thé vert

Photographies Atelier Science et Cuisine

### *Extraction de la caféine dans le dichlorométhane*

La caféine est peu soluble dans l'eau à la température ambiante (22 g/L à 25°C) mais sa solubilité augmente avec la température (455 g/L à 65°C)

Elle est plus soluble dans le dichlorométhane (142 g/L à 25°C)

On procède d'abord à une extraction liquide-solide (eau chaude- feuilles de thé) puis à une extraction liquide-liquide (eau froide-dichlorométhane)

La méthode repose donc sur la bonne solubilité de la caféine dans l'eau chaude et dans un solvant chloré.

Le thé contient environ 5 % de caféine

*Mise en évidence des composés phénoliques*

Expérience 1

Comparaison de la dissolution d'un quart de feuille de gélatine dans une macération de thé noir, une infusion et une décoction:  
La macération et l'infusion restent limpides quand on ajoute de la gélatine tandis que cette dernière trouble la décoction.

La feuille de gélatine est une forme désorganisée de collagène partiellement hydrolysé, les molécules de collagène sont des protéines. Les composés phénoliques se lient aux protéines et provoquent leur précipitation ce qui permet de mettre en évidence ceux-ci.

Infusion



Décoction

Photographie Atelier Science et cuisine

Expérience 2

L'infusion de thé dans l'eau de Vittel apparaît de couleur sombre, lorsqu'elle est traversée par un faisceau laser on observe un phénomène de dispersion, l'infusion de thé à partir de l'eau de Volvic est de couleur claire et ne présente pas de phénomène de dispersion. Avec l'ajout de jus de citron, on montre que ce sont des grosses molécules.

*Oxydation des polyphénols*

On voit un précipité coloré en suspension, il est composé de produits issus de l'oxydation des composés phénoliques solubles.  
En surface, on observe une pellicule iridescente « écume de thé »

Cette pellicule résulterait de l'oxydation des composés solubles du thé par l'oxygène de l'air. Cette oxydation est possible du fait de la présence de calcium



Photographie Atelier Science et Cuisine

### APPROFONDISSEMENTS

voir « compléments » en annexe

#### Les principaux composants de la liqueur de thé

La composition change en fonction des variétés de thé

- **Les composés phénoliques** : flavonoïdes ( flavonols, flavan-3-ols dont l'oxydation conduira aux théaflavines et aux théarubigines)

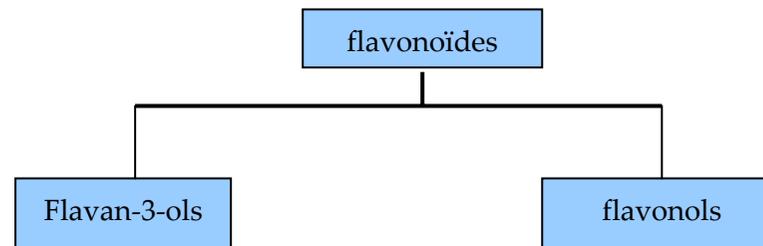
Les principaux composés phénoliques de la feuille de thé sont des flavonoïdes, que l'on retrouve sous deux catégories : les flavan-3-ols et les flavonols.

Dans le thé noir : principaux composés phénoliques présents :

- théarubigines
- théaflavines
- flavonols
- flavan-3- ol : catéchines

Dans le thé vert, principaux composés phénoliques présents

- flavan-3- ol : catéchines
- acides phénoliques
- flavonols

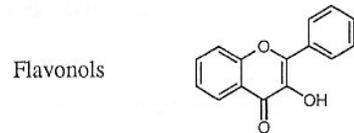
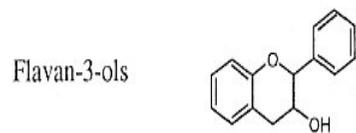


Parmi les flavon-3-ols on trouve les catéchines

Les produits de l'oxydation des catéchines sont nombreux : les plus connus sont : théaflavine et théarubigines

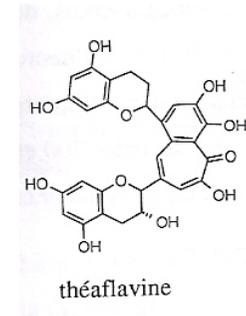
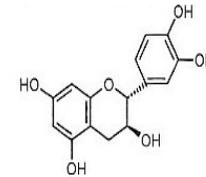
Les catéchines sont retrouvées intactes dans une infusion de thé vert. Les composés phénoliques caractéristiques du thé noir (théaflavines et théarubigines) s'en distinguent par une couleur rouge ou brune et des masses moléculaires nettement plus importantes. Ces composés phénoliques sont formés par oxydation des catéchines lors de la fermentation des feuilles de thé

Dans le thé vert (non fermenté) ce sont les catéchines qui sont présentes ; dans le thé noir (fermenté) ce sont les théaflavine et les théarubigines qui sont présentes



Catéchine

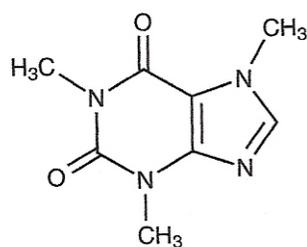
C



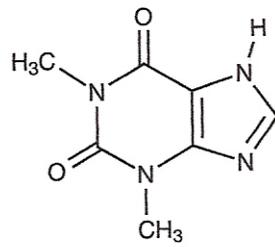
- **Alcaloïdes** : caféine, théobromine et théophylline

Teneur en caféine pour une tasse de 100 mL environ = 20 mg

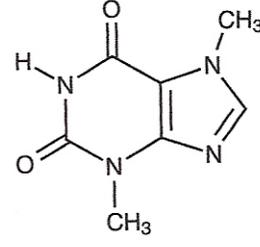
De formule



caféine



théophylline



théobromine

- **Des pigments** : chlorophylle, caroténoïdes, flavonoïdes

Se reporter à la fiche " comment extraire un colorant alimentaire "

Les flavonoïdes sont des pigments de couleurs rouges, violets ou jaunes suivant la délocalisation plus ou moins grande des électrons sur l'hétérocycle central. Ils présentent aussi un caractère acide ou basique ; les espèces acide ou basique d'un couple donné n'ont pas forcément la même couleur.

- des composés minéraux : Mg, K, Ca, Al, Mn, Na concentration en mg/L  
Fe, Cu, Ni, Zn concentration en µg/L
- des sucres 1 à 2 %
- des protéines 12 à 15 % (albumines et aminoacides)
- des lipides (graisses) sous forme de cires
- de la cellulose
- vitamines : A<sub>1</sub>, B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C
- des oligoéléments
- substances odorantes
- eau 5 à 6%

**Bibliographie**

Marie Terrien, Josette Fournier, " Chimie du petit déjeuner". Cultures et techniques-Nantes 1998

Aurélien Mossion, " Etude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et leurs caractéristiques organoleptiques : influence des paramètres physico-chimiques de l'eau" thèse de doctorat de l'université de Toulouse, 2007

Fiche compléments

• Position dans la systématique du thé vert

Le théier ou *Camellia sinensis* (L) Kuntze est un arbre originaire d'Extrême-Orient, de la famille des Théacées. C'est une espèce voisine du camélia horticole, *Camelia Japonica*. C'est un arbre à feuilles persistantes, pouvant atteindre de 10 m à 15 m, jusqu'à 30 m pour certaines variétés.

Il est largement cultivé pour ses feuilles qui une fois séchées et plus ou moins oxydées, servent à la préparation par infusion du thé. Les différentes sortes de thé sont obtenues à partir de cette seule espèce. En traitant différemment les feuilles de thé, on obtient du thé vert, blanc ou noir.

On distingue plusieurs variétés de cette espèce cultivées pour la production du thé :

- *Camellia sinensis* var. *sinensis*, le thé de Chine, originaire du Yunnan, C'est la plus ancienne espèce de théier connue et cultivée. Elle donne des thés parmi les plus recherchés. Cette variété est utilisée plus particulièrement pour la production de thés verts avec des feuilles petites et vert olive.

- *Camellia sinensis* var. *assamica* ou *Camellia assamica* (d'Assam en Inde), variété cultivée en Chine, en Inde et au Sri Lanka. Cette variété est utilisée pour les thés noirs avec des feuilles larges, claires et charnues.



Auteur : AxelBoldt pour le projet English Wikipedia

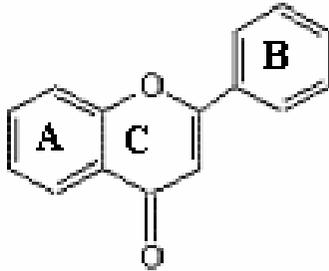
• Le thé est riche en polyphénols :

Ce sont des molécules possédant un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (d'après Sarni-Manchado & Cheynier, 2006).

Ils sont classés de différentes manières suivant la complexité de leur squelette de base et du degré de modification (oxydation, hydroxylation). Les formes les plus simples de polyphénols font partie de la catégorie des flavonoïdes.

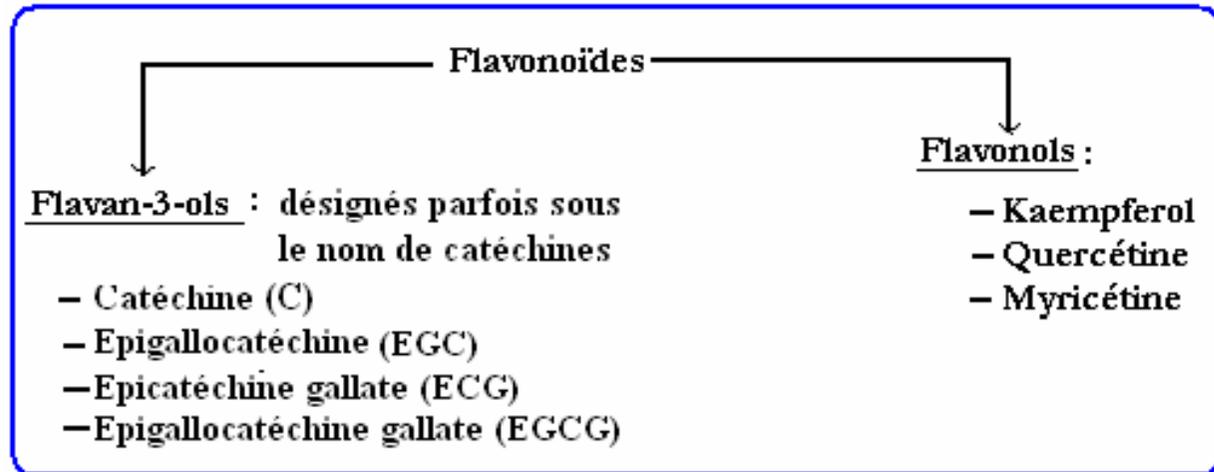
Tous les flavonoïdes ont en commun la structure de la flavone qui est constituée de deux noyaux benzéniques reliés par une chaîne en C<sub>3</sub> :

### Structure de la flavone



(d'après : <http://pedagogie.acmontpellier.fr:8080/discipli/scphysiques/academie/ABCDORGA/Famille/Produit/FLAVONE1.GIF>)

Les principaux flavonoïdes du thé sont les flavan-3-ols et les flavonols (Arce et al., 1998) :

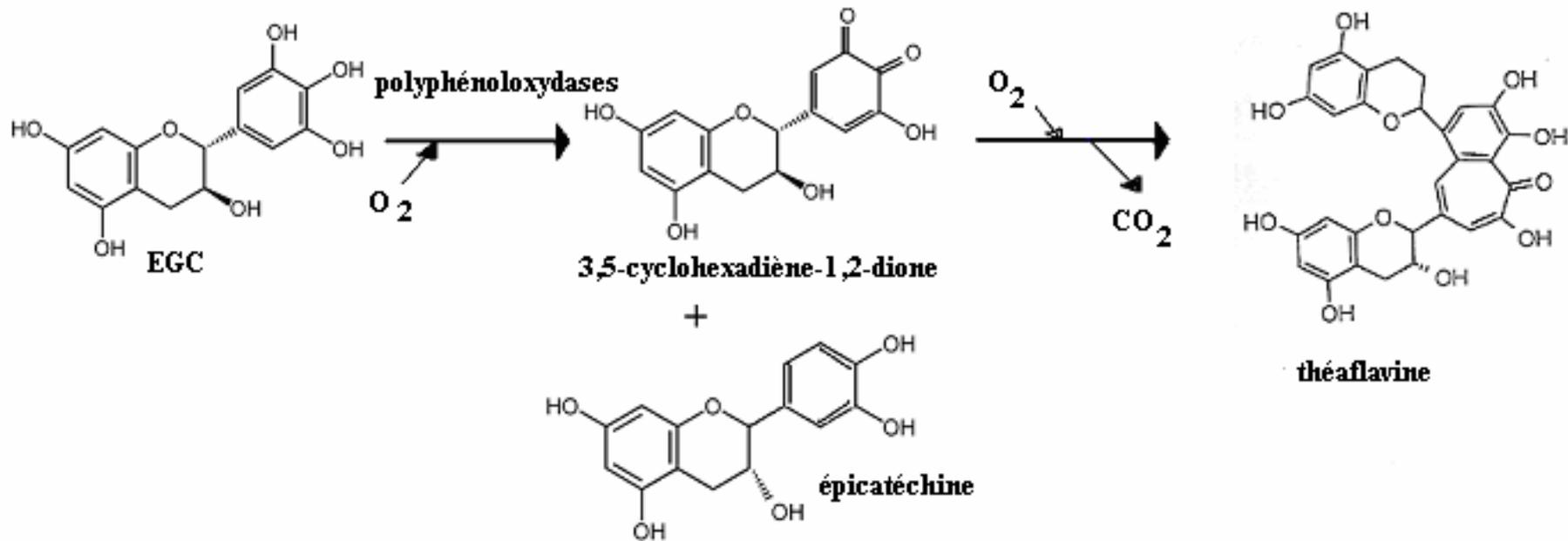


### • L'oxydation des thés noirs :

Les thés noirs sont des thés « fermentés », ils ont subi une oxydation par les enzymes polyphénoloxydases et peroxydases libérées lors de la rupture de la paroi cellulaire par le procédé du roulage.

Lors de cette phase d'oxydation, les catéchines incolores, principalement l'EGC, l'EGCG et l'ECG, sont oxydées par les polyphénoloxydases et les peroxydases pour former différents composés dont les plus connus sont les théaflavines (TF) et les théarubigines (TR).

La première étape de l'oxydation d'un flavan-3-ol, exemple l'EGC, par les molécules enzymatiques polyphénoloxydases aboutit à la formation d'une orthoquinone : le 3,5-cyclohexadiène-1,2-dione

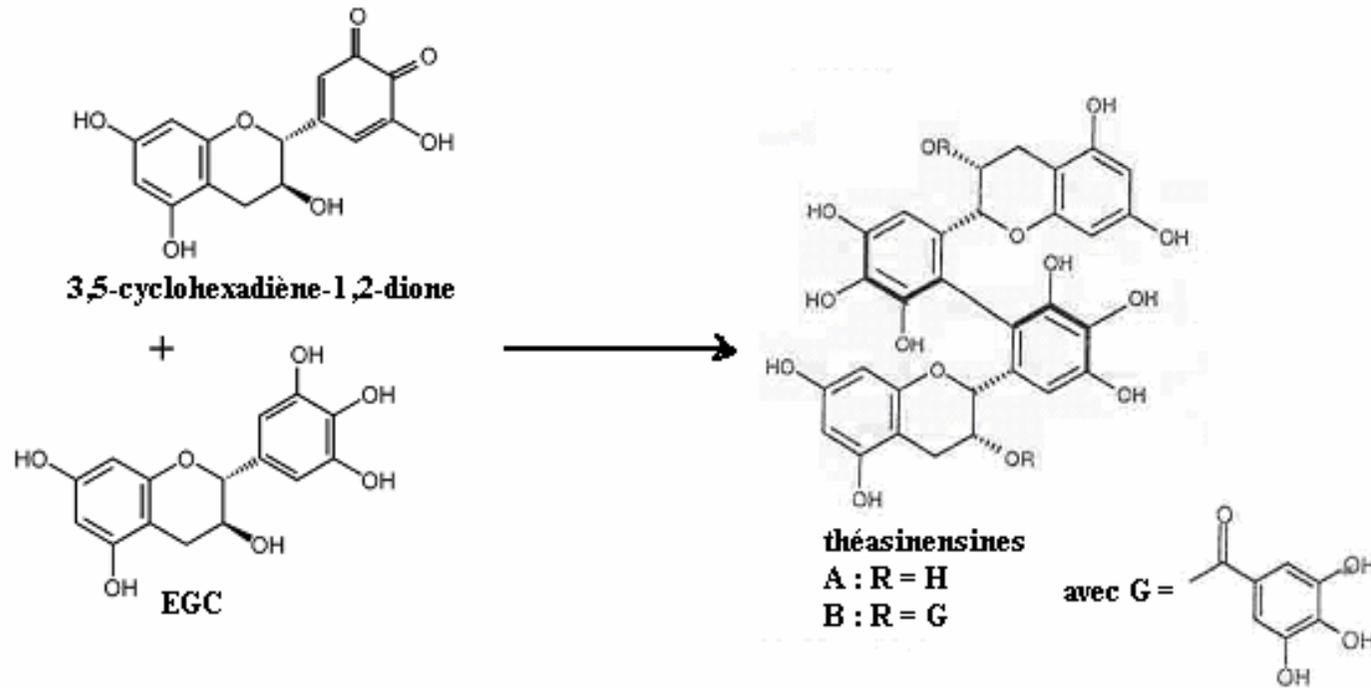


Dans la deuxième étape, les orthoquinones peuvent réagir suivant trois voies différentes :

- ❖ Dans la première voie, une réaction se produit entre l'orthoquinone et une catéchine, par exemple l'épicatechine, il se forme des **théaflavines** qui sont des composés de couleur rouge orangé.

Les théaflavines regroupent plusieurs composés : la théaflavine, la théaflavine-3-gallate, la théaflavine-3'-gallate et la théaflavine-3,3'-gallate (Del Rio et al, 2004)

- ❖ Dans la seconde voie de réaction, les orthoquinones réagissent par oxydation avec l'EGC ou l'EGCG, il se forme des **théasinensines** :



- ❖ Dans la troisième voie, la concentration des théasinensines est maximale après deux heures d'oxydation, elles sont à nouveau oxydées avec les théaflavines, il se forme des **théarubigines**.  
 La structure chimique des théarubigines n'est pas bien connue. A l'heure actuelle, ces molécules sont décrites comme des polymères issus de la réaction des différents composés d'oxydation très solubles dans l'eau. Leur masse moléculaire varie entre 700 et 2 000 daltons et leur couleur, orange tirant sur le marron, serait due à la présence de groupements chromophores formés lors de l'oxydation :

Groupement chromophore susceptible de se former au sein des théarubigines :

