

Université Frères Mentouri, Constantine (UFMC)  
Institut de la Nutrition, Alimentation et Technologie Agro-Alimentaires  
(I.N.A.T.A-A)

## **MODULE: COMPOSÉS D'INTÉRÊT FONCTIONNEL**

### **COURS SUR LES CAROTÉNOÏDES ET LEURS FONCTIONNALITÉS**



**Master 1 Biotechnologie Alimentaire**  
**C.C. : Dr YDJEDD S.**

**2024/2025**

# PLAN DE COURS

## ○ Introduction

1. Structure et classification
2. Sources des caroténoïdes
3. Biosynthèse des caroténoïdes
4. Propriétés physico-chimiques
5. Biodisponibilité
6. Propriétés biologiques
7. Biotechnologie et caroténoïdes

## ○ Conclusion

# INTRODUCTION

## Caroténoïdes ?

- sont des molécules lipidiques appartenant à la famille des **terpènes (tetratèrpènes)**.
- ont généralement une structure chimique de quarante carbones (C40) composés de huit unités isopréniques (à 5 C).
- représentent une grande famille **de pigments naturels** très répandus dans la nature, plus de 700 ont été isolés et caractérisés,
- on peut les trouver en multiples nuances de **jaune, d'orange ou rouge**.
- présents dans les végétaux, les algues, les microorganismes –bactéries, levures et champignons filamenteux.
- Ont des propriétés provitaminique (vitamine **A**), antioxydante et antiradicalaire.

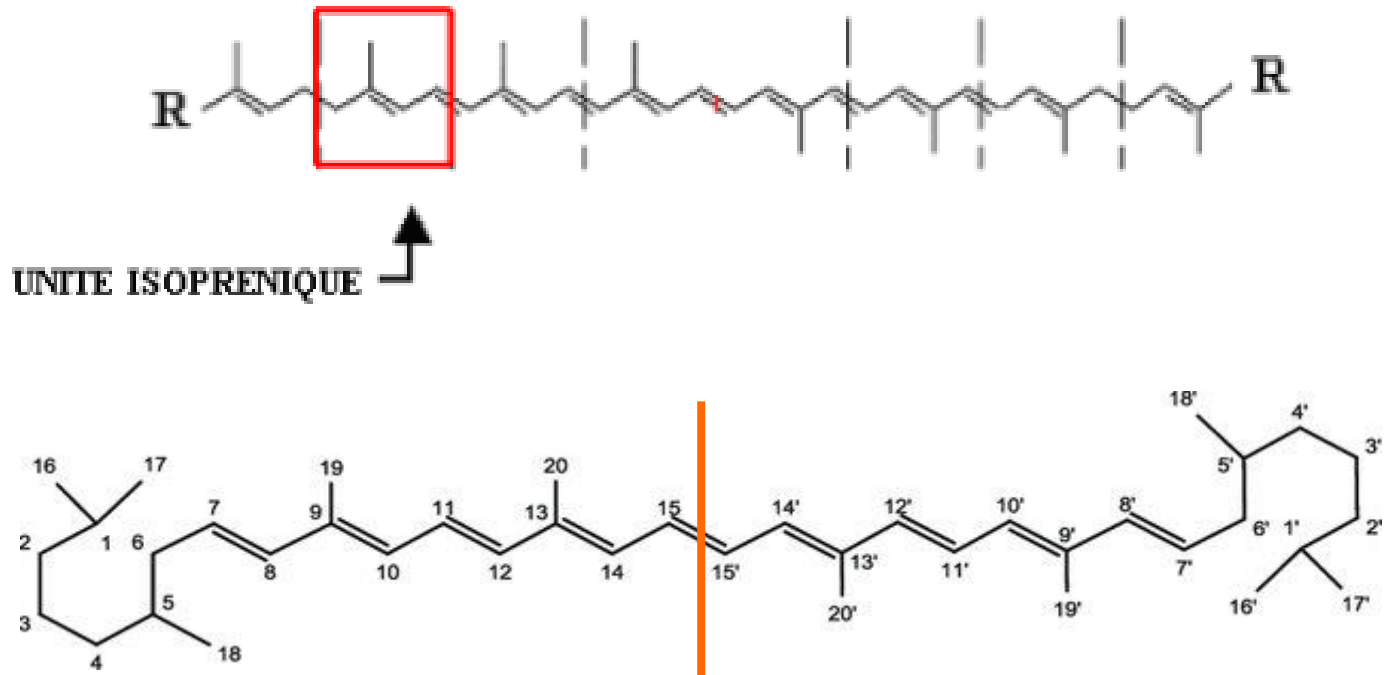
# 1. STRUCTURE ET CLASSIFICATION DES CAROTÉNOÏDES

## 1.1. STRUCTURE CHIMIQUE

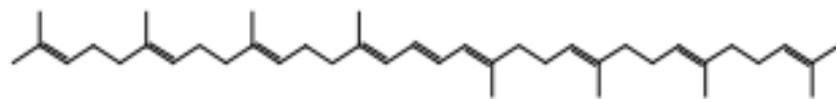
- Les caroténoïdes appartiennent à la famille des tetraterpénoïdes.
- L'unité de base de ces pigments est l'**isopène**, constitués de 8 unités isopréniques (**C5**) liées tête-à-queue. Au centre, les unités isopréniques sont liées queue-à-queue de façon renversée, ce qui donne à certains caroténoïdes une symétrie moléculaire.
- Généralement, les caroténoïdes sont des **C40** tetraterpénoïdes mais il existe aussi des structures en **C30** ou **C50**.
- La structure de base des caroténoïdes est **linéaire et symétrique**, mais une cyclisation d'une des extrémités ou des deux est possible.

# 1. STRUCTURE ET CLASSIFICATION DES CAROTÉNOÏDES

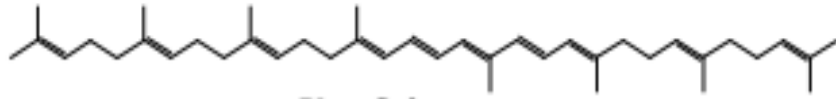
## 1.1. STRUCTURE CHIMIQUE



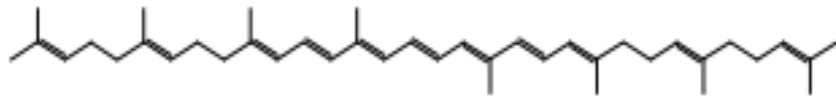
Structure de base des caroténoïdes



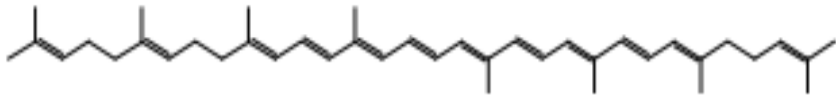
Phytoène



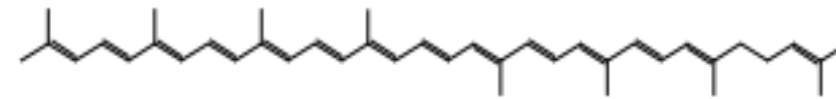
Phytofluène



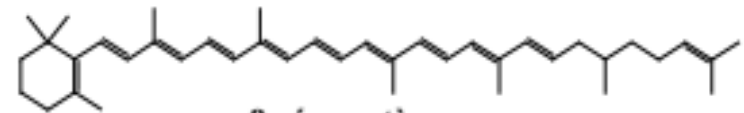
ζ-carotène



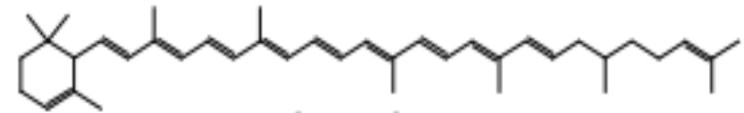
Neurosporène



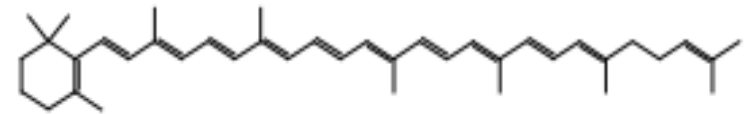
Lycopène



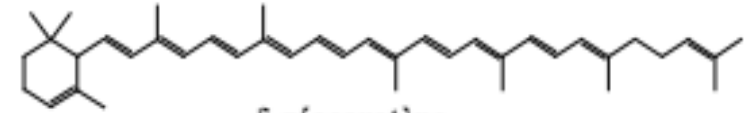
β-zéacarotène



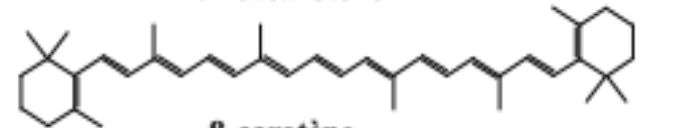
α-zéacarotène



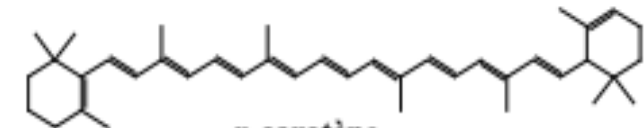
γ-carotène



δ-zéacarotène



β-carotène



α-carotène

Structures de quelques caroténoïdes cycliques et acycliques

# 1. STRUCTURE ET CLASSIFICATION DES CAROTÉNOÏDES

## 1.1. STRUCTURE CHIMIQUE

- La structure chimique des molécules présente un **système conjugué de doubles liaisons** (*chaîne polyène*) alternées avec des liaisons simples, formant la partie centrale de la molécule qui constitue le **chromophore** responsable de l'absorption de la lumière.
- Suivant le nombre de doubles liaisons, différentes configurations (*cis/trans*) sont possibles pour un caroténoïde, mais la forme ***trans*** est largement prédominante dans la nature.
- La modification du squelette basique C40 des caroténoïdes donne différentes structures, par hydrogénation, déshydrogénation, cyclisation et introduction de fonctions oxygénées.

# 1. STRUCTURE ET CLASSIFICATION DES CAROTÉNOÏDES

## 1.2. CLASSIFICATION

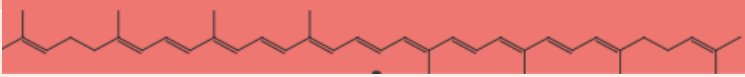





- La classification des caroténoïdes se fait suivant leurs structures chimiques .
  - Le nombre d'atomes de carbone qui constitue le squelette de base, variant de 30 à 50,
  - la structure linéaire ou cyclique,
  - la présence des groupes fonctionnels insérés généralement sur les extrémités de la chaîne carbonée.

# 1. STRUCTURE ET CLASSIFICATION DES CAROTÉNOÏDES

## 1.2. CLASSIFICATION

- On peut répertorier les caroténoïdes selon:

deux grandes classes :

Hydrocarbonés (carotènes)	Oxygénés (xanthophylles)
Lycopène 	$\beta$ -cryptoxanthine 
$\alpha$ -carotène 	Lutéine 
$\beta$ -carotène 	Zéaxanthine 

Composés uniquement d'atomes de carbone et d'hydrogène.

contiennent en plus de la chaîne carbonée des fonctions époxy, carbonyle, hydroxyle, méthoxy ou acide carboxylique.

## 2. SOURCES DES CAROTÉNOÏDES

### 1 .Fruits et légumes

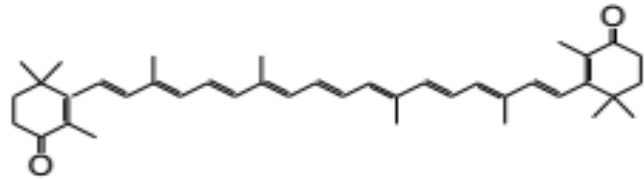
- Les fruits et les légumes, et leurs produits de transformation, représentent la première source de caroténoïdes.
- Exemples:
  - Fruits et végétaux **jaunes/oranges** riches en  **$\beta$ - et  $\alpha$ -carotène**,
  - Fruits **orange** riches en  **$\beta$ -cryptoxanthine**,
  - **Légumes verts feuillus** et **jaune d'oeuf** riches en **lutéine et zéaxanthine**,
  - les tomates (**rouge**) et leurs produits de transformation riches en **lycopène**.

## 2. SOURCES DES CAROTÉNOÏDES

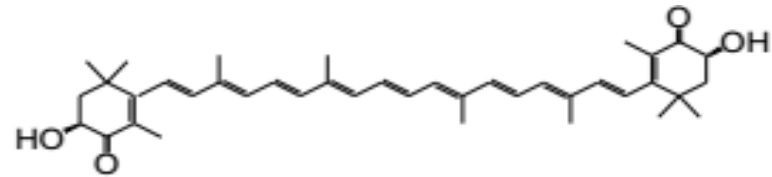
### 2. Animaux

- ❑ Les caroténoïdes peuvent être présents chez certains animaux (*les oiseaux, certains poissons, les crustacés et les insectes*) en raison de la consommation d'aliments riches en caroténoïdes. (*Les animaux sont incapables de les synthétiser ; seule une absorption alimentaire explique leur présence*).
- ❑ les animaux aquatiques constituent une **deuxième source** de caroténoïdes.

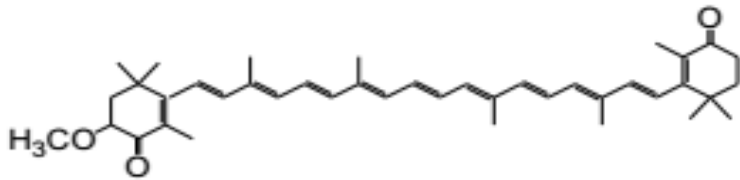
## 2. SOURCES DES CAROTÉNOÏDES



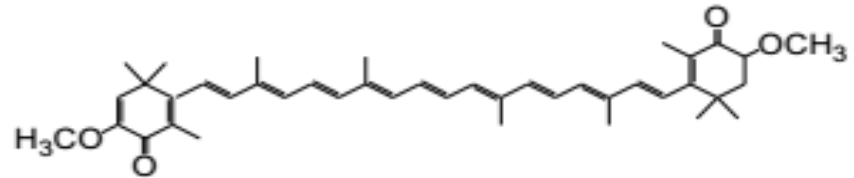
Canthaxanthine



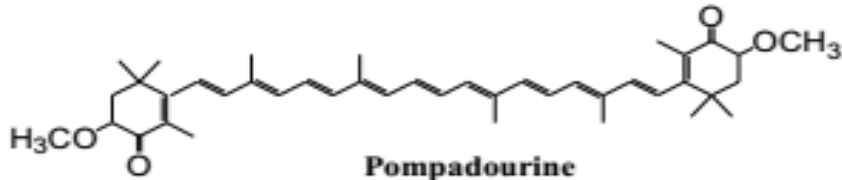
Astaxanthine



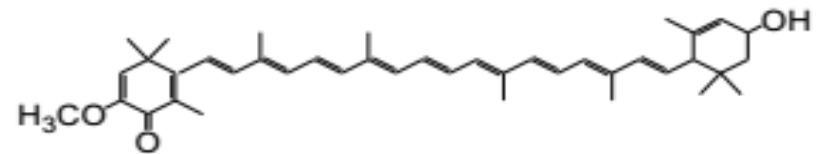
Brittonxanthine



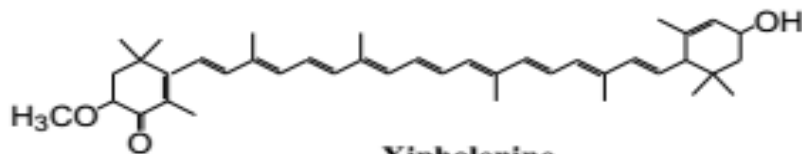
2,3-dihydro-pompadourine



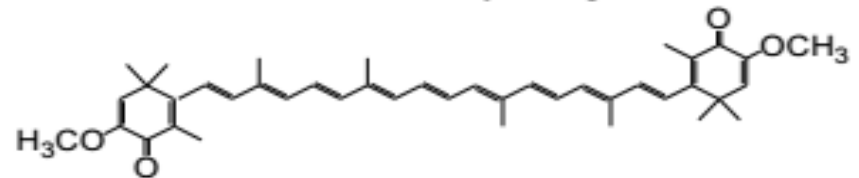
Pompadourine



2,3-dihydro-xipholenine



Xipholenine



Cotingine

Structure de quelques caroténoïdes présents  
chez les animaux

## 2. SOURCES DES CAROTÉNOÏDES

### 3. *Algues marines*

- ❑ Les algues et les microalgues sont une troisième source importante de caroténoïdes.
- Les algues vertes (*chlorophyta*) sont riches en  $\beta$ -carotène, lutéine, violaxanthine, néoxanthine, zéaxanthine, fucoxanthine, pérédinine et dianoxanthine.
- Les algues rouges (*rhodophyta*) contiennent en plus de  $\alpha$ -carotène.

Actuellement, la production massive de caroténoïdes par **des microalgues unicellulaires en photobioréacteurs** est de plus en plus étudiée car elle permet d'obtenir **des oléorisines très riches en caroténoïdes d'intérêt industriel.**

## 2. SOURCES DES CAROTÉNOÏDES

### EXEMPLE: LES CAROTÉNOÏDES PRODUITS PAR LES MICROALGUES

Microalgue	Caroténoïdes	Références
<i>Dunaliella salina</i>	$\beta$ -carotène	(Mendes et al., 2003), (Plaza et al., 2009)
<i>Haematococcus pluvialis</i>	Astaxanthine, Canthaxanthine, lutéine	(Plaza et al., 2009), (Nobre et al., 2006)
<i>Chlorella vulgaris</i>	Astaxanthine, Canthaxanthine	(Plaza et al., 2009), (Mendes et al., 1995)
<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Lutéine, violaxanthine	(Plaza et al., 2009), (Wu et al., 2007), (Cha et al., 2008)

*L'astaxanthine est beaucoup utilisée comme agent de pigmentation dans l'élevage des saumons, crevettes, truites, ou encore de poissons rouges.*



## 2. SOURCES DES CAROTÉNOÏDES

La qualité et la quantité  
des caroténoïdes

*varient et dépendent de :*

\_ leur source (fruits et légumes) ;

**Différence variétale**

**Une même espèce cultivée comporte souvent plusieurs variétés  
sélectionnées selon des critères différents ;  
c'est une forme de *biodiversité*.**



## 2. SOURCES DES CAROTÉNOÏDES

La qualité et la quantité  
des caroténoïdes

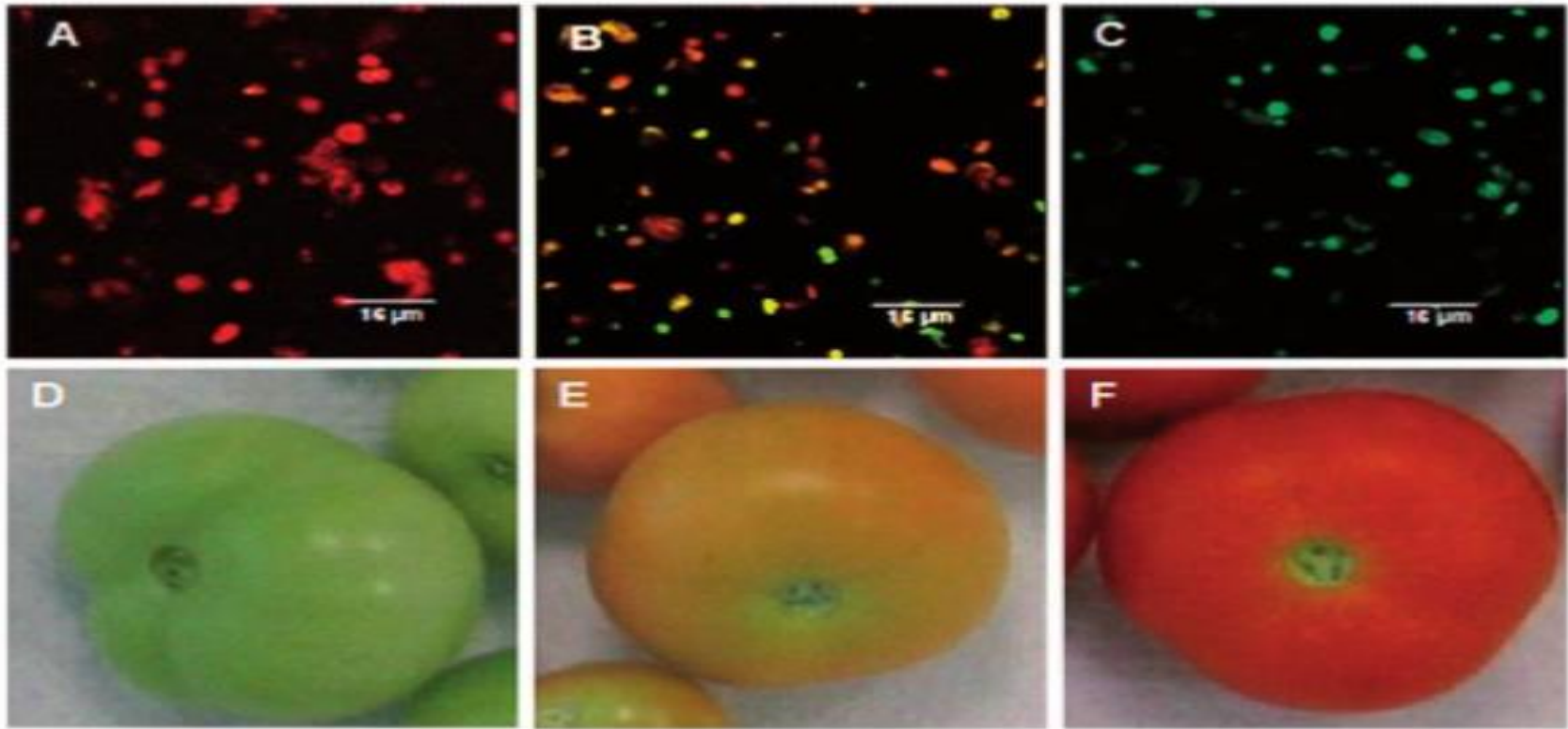
*varient et dépendent de :*

\_ leur source (fruits et légumes) ;

\_ leur degré de maturité ;

\_ leurs conditions de culture ;

\_ leurs conditions de stockage.



## Variation de la teneur en lycopène durant la maturation de la tomate

**chloroplaste (A), chloroplaste en transition (B) et chloroplaste mature (C)  
tomate verte (D), tournant (E) et fruit mature (F).**

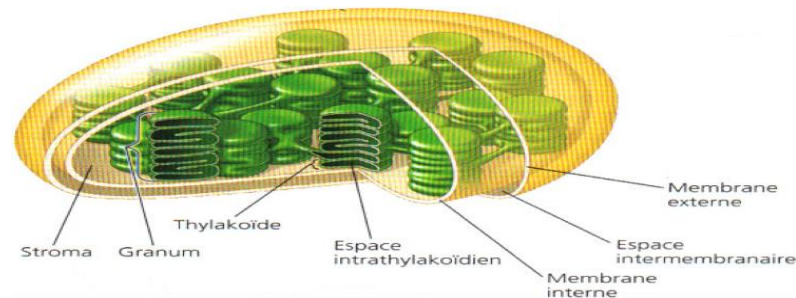
*Les structures contenant principalement la chlorophylle apparaissent en rouge, celles ne contenant que des caroténoïdes apparaissent en vert, et celles contenant à la fois la chlorophylle et caroténoïdes semblent orangé rouge / jaune*

	Photo	Nom	Caroténoïdes RAE (µg/100g)		Photo	Nom	Caroténoïdes RAE (µg/100g)
11		Epinards Crus	586				
12		Chou Vert Cuit	575	1		Feuilles de Vigne	1376
13		Butternut Cuit	558	2		Patate Douce Cuite au Four	1050
14		Fanes de Navet	538	3		Carotte Cuite	852
15		Menthe Verte	532	4		Carotte Crue	835
16		Chou Frisé Cru	500	5		Patate Douce Cuite à l'Eau	787
17		Laitue Romaine	436	6		Chou Frisé Cuit à l'Eau	735
18		Pousses de Raisin d'Amérique	435	7		Pissenlit Cuit	727
19		Persil Cru	421	8		Moutarde Verte Cuite à l'Eau	618
20		Aneth Cru	386	9		Epinards cuits	603
21		Feuilles de Moringa Crues	378	10		Piment	595
22		Laitue à Feuilles Rouges	375				
23		Laitue à Feuilles Vertes	370				
24		Cresson	346				
25		Bettes Crues	309				

**Toxique**

### 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES

- Les caroténoïdes sont biosynthétisés par **les plantes supérieures, les algues, les champignons et les bactéries.**
- Leur biosynthèse dérive de la biosynthèse générale des isoprénoïdes.
- La localisation des caroténoïdes dans la matrice végétale est directement liée au rôle de ces molécules pour la plante.
- Les caroténoïdes sont **synthétisés (chloroplaste) et stockés (chromoplaste) dans les plastes).**



### 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES

Deux voies de biosynthèse des caroténoïdes

```
graph TD; A[Deux voies de biosynthèse des caroténoïdes] --> B[Voie classique de mévalonate (MVA),]; A --> C[Voie deoxyxylulose phosphate (DOXP).]; B --> D[le précurseur de l'IPP (l'isopentenyl pyrophosphate) est l'acide mévalonique.]; C --> E[le précurseur de l'IPP le glycéraldéhyde phosphate et le pyruvate];
```

**Voie classique de mévalonate (MVA),**

le précurseur de l'IPP (l'isopentenyl pyrophosphate) est l'acide mévalonique.

**Voie deoxyxylulose phosphate (DOXP).**

le précurseur de l'IPP le glycéraldéhyde phosphate et le pyruvate

# 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES

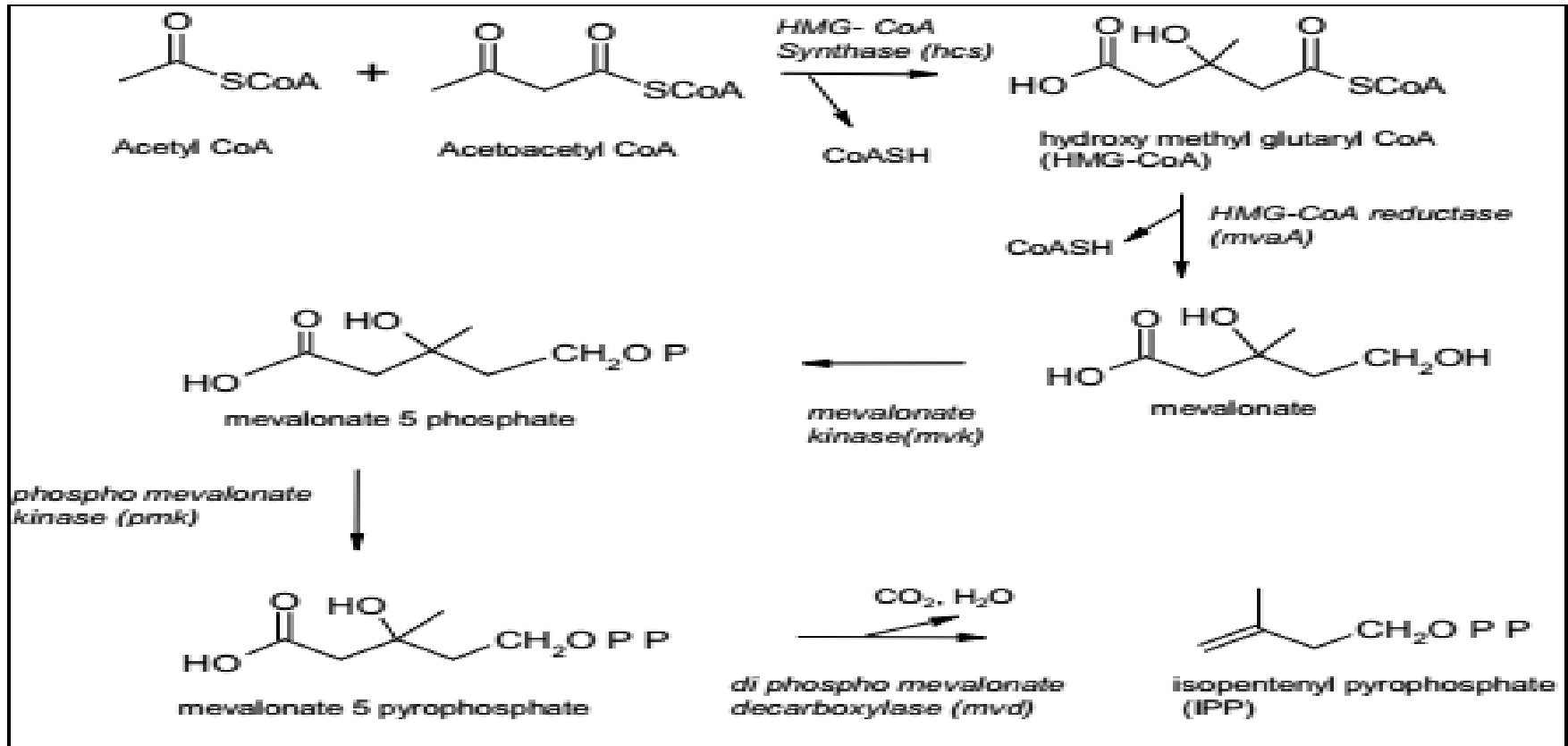


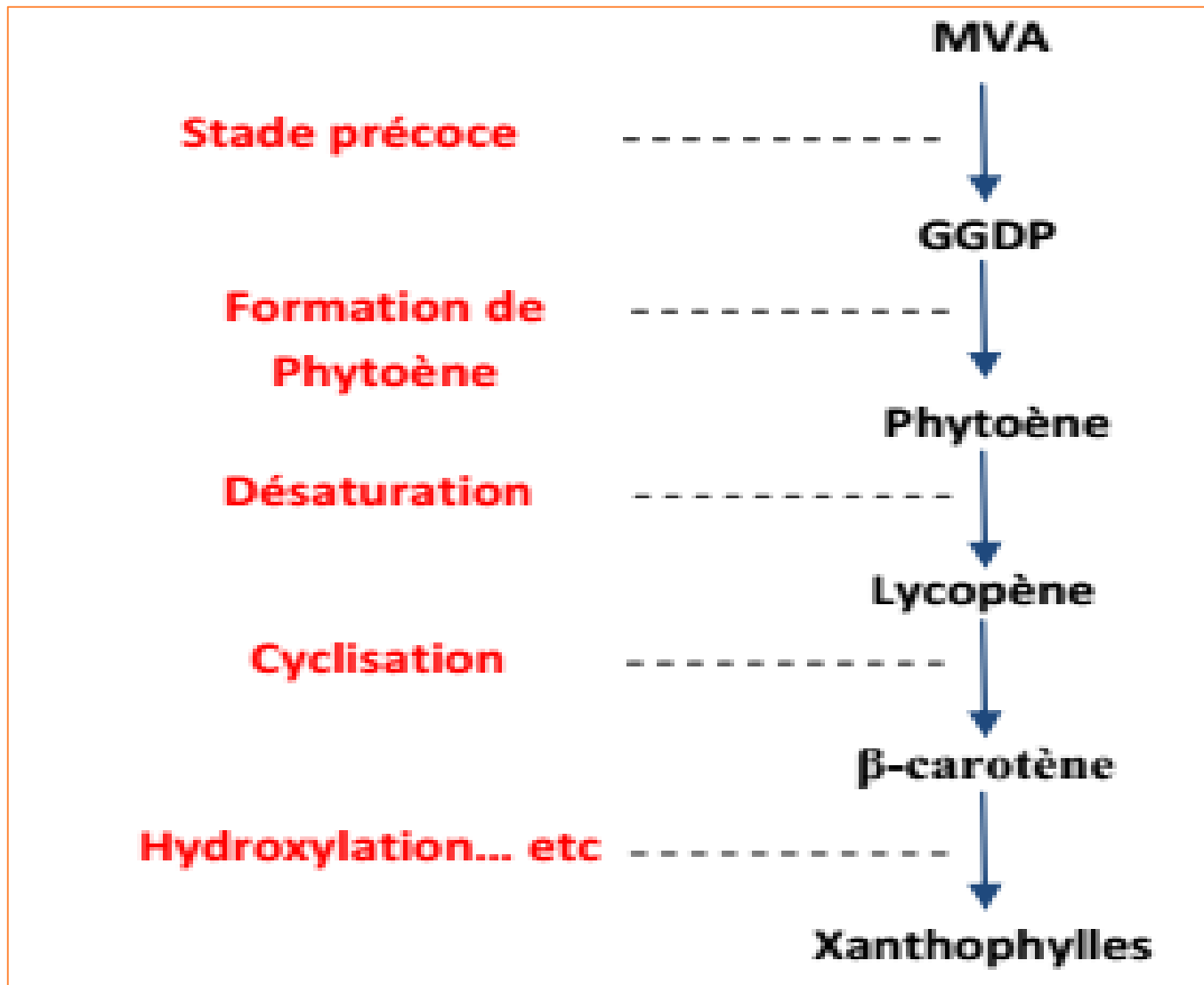
Figure 1 : Synthèse d'IPP par la voie de l'acide mévalonique.

Le mévalonate est formé par trois acetyl-CoA via l'hydroxyméthylglutaryl-CoA. deux réactions de phosphorylation menant à l'acide mévalonique pyrophosphate, ce dernier subit ensuite une décarboxylation à l'origine de la formation d'isopentenyl pyrophosphate .

# 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES

## LA VOIE CLASSIQUE DE L'ACIDE MÉVALONIQUE

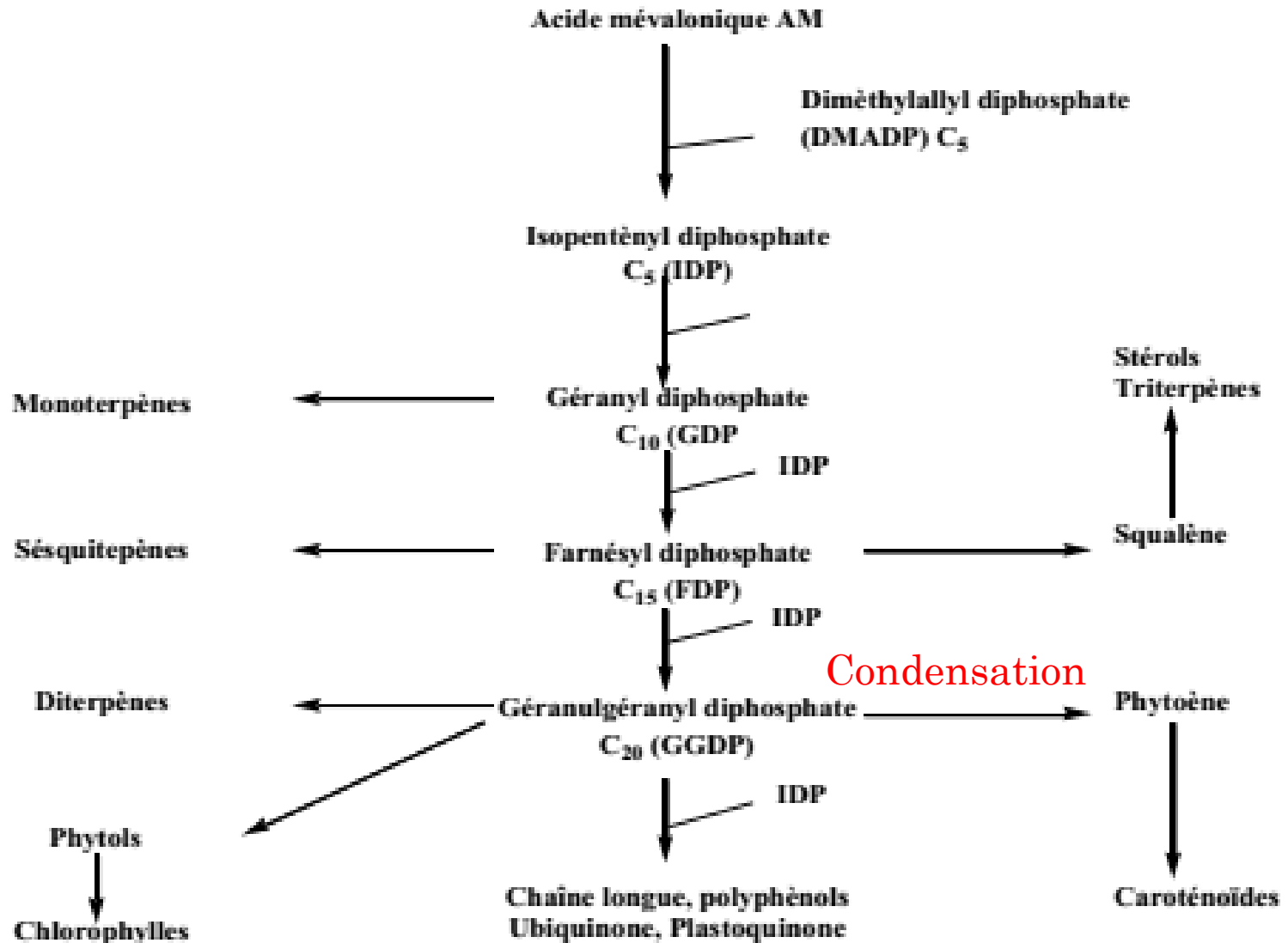
- La biosynthèse des caroténoïdes est divisée en cinq étapes :
  - **1. la formation de IPP à partir de l'acide mévalonique**
  - **2. la formation du phytoène,** (*des unités IPP subissant des assemblages tête queue jusqu'à obtenir la première molécule de 40 atomes de carbone qui est le phytoène*).
  - **3. la désaturation du phytoène en lycopène** (*la mise en place des doubles liaisons par des réactions de désaturation*),
  - **4. la cyclisation du lycopène** (*Cette réaction est catalysée par des cyclases (lycopène  $\beta$ -cyclase (LCYB) et lycopène  $\alpha$ -cyclase (LCYE)). la cyclisation du lycopène n'est donc pas une réaction universelle dans la caroténogénèse mais elle est commune à tous les organismes produisant des caroténoïdes cycliques. Elle consiste à introduire un cycle à chaque extrémité de la molécule de lycopène.*
  - **5. la formation des xanthophylles.**



**Différentes étapes de biosynthèse des caroténoïdes**

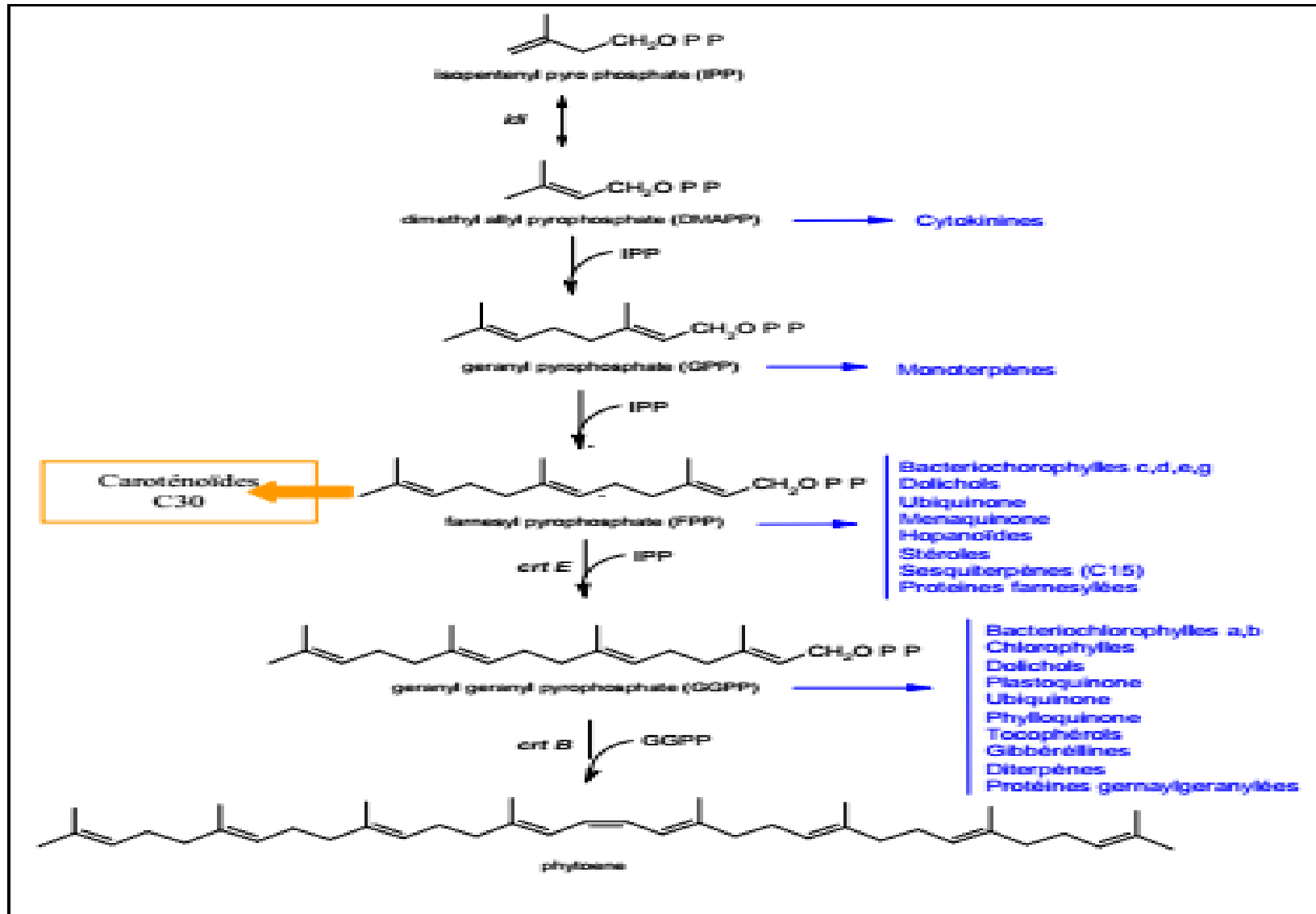
### 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES

- Les premières étapes sont communes à toutes les réactions de biosynthèse des terpénoïdes et conduisent à la formation d'un composé à vingt carbones, le géranyl géranyl diphosphate (GGDP).
- la formation du squelette des caroténoïdes est la condensation de deux molécules **de géranyl géranyl diphosphate (20 carbone)** qui conduit à la formation du phytoène (incolore) qui est le premier caroténoïde à 40 carbone.
- La désaturation du phytoène donne successivement du phytofluène, du  $\zeta$ -carotène, du neurosporène et du lycopène. *Ce sont tous des précurseurs de caroténoïdes cyclisés comme par exemple : le  $\beta$ -carotène.*
- La cyclisation d'un groupe d'extrémité du lycopène donne le  $\gamma$ -carotène ou le  $\delta$ -carotène, respectivement.



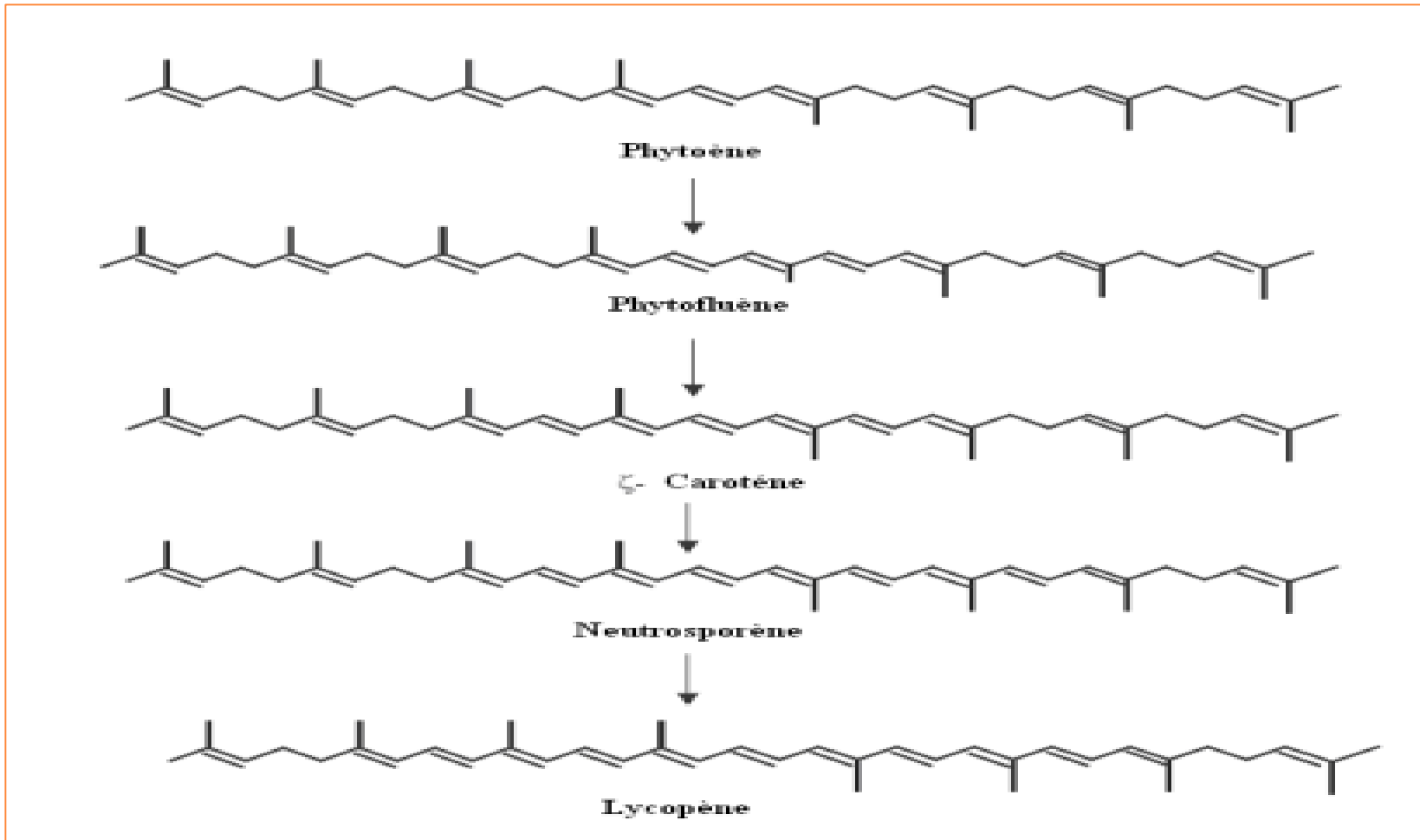
# 1. Premières étapes de la biosynthèse des caroténoïdes

# 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES



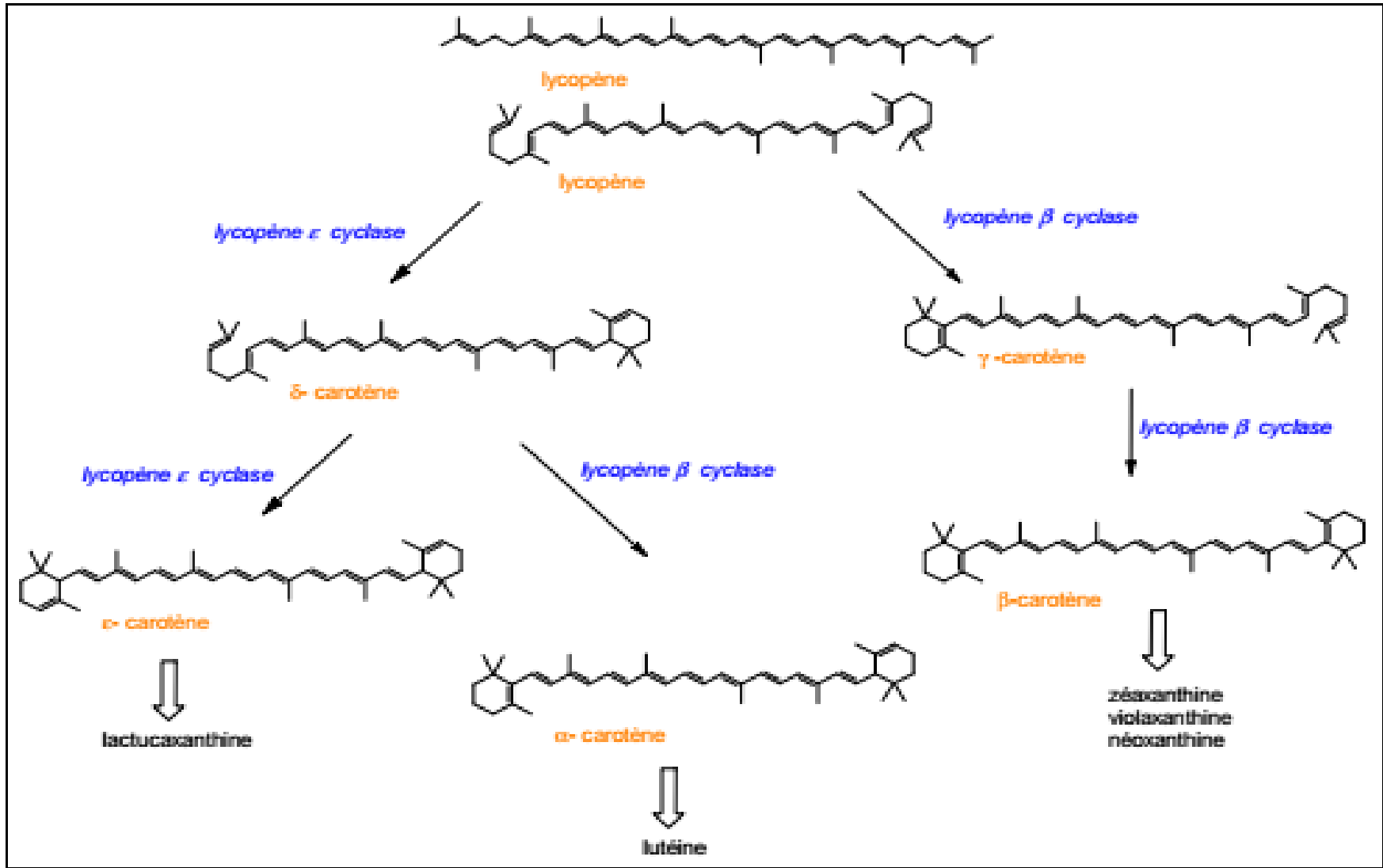
## 2. Schéma de formation du phytoène

# 4. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES



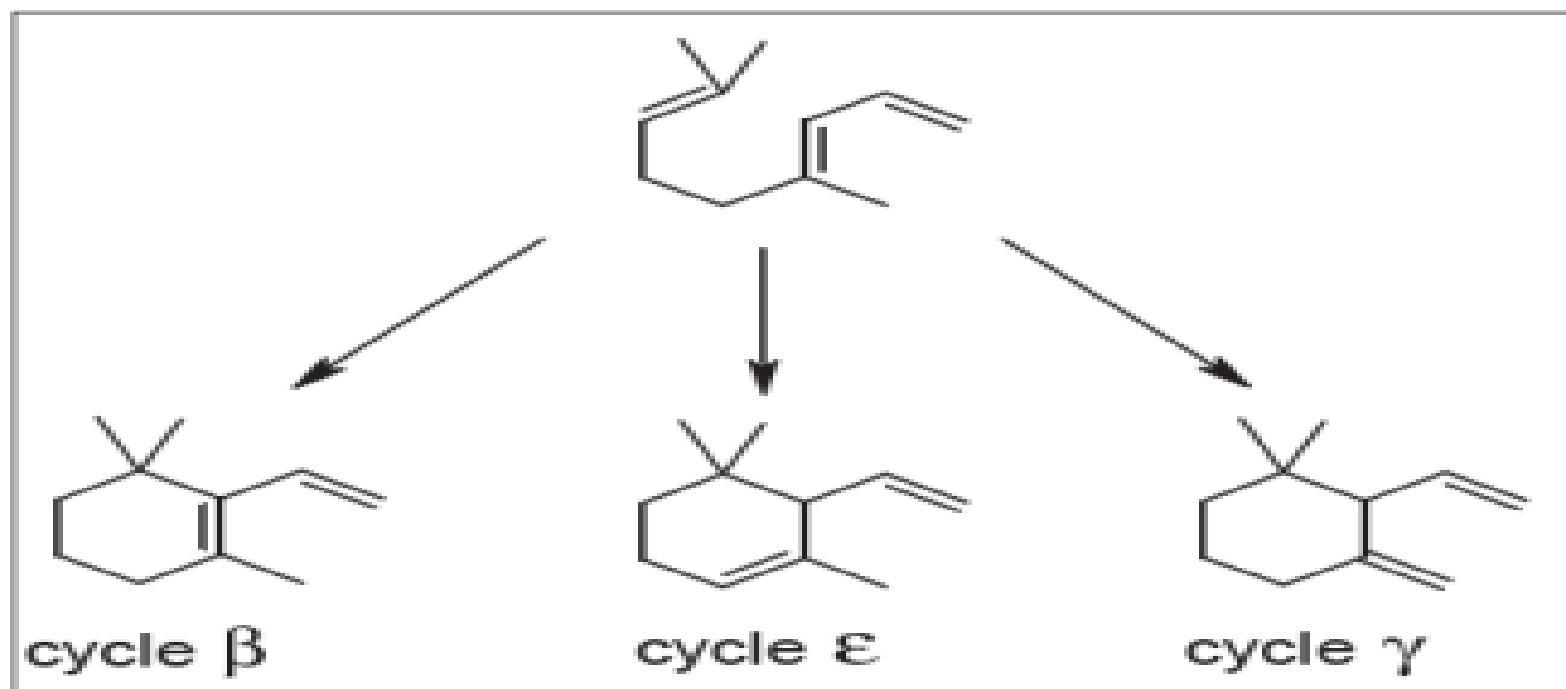
## 3. Schéma de conversion du phytoène en lycopène

# 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES



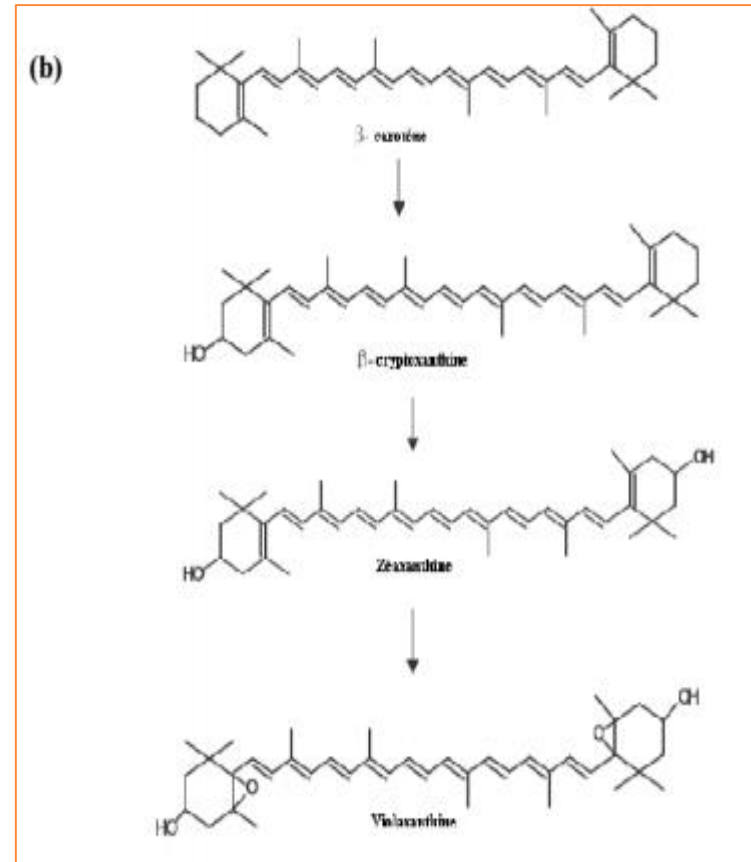
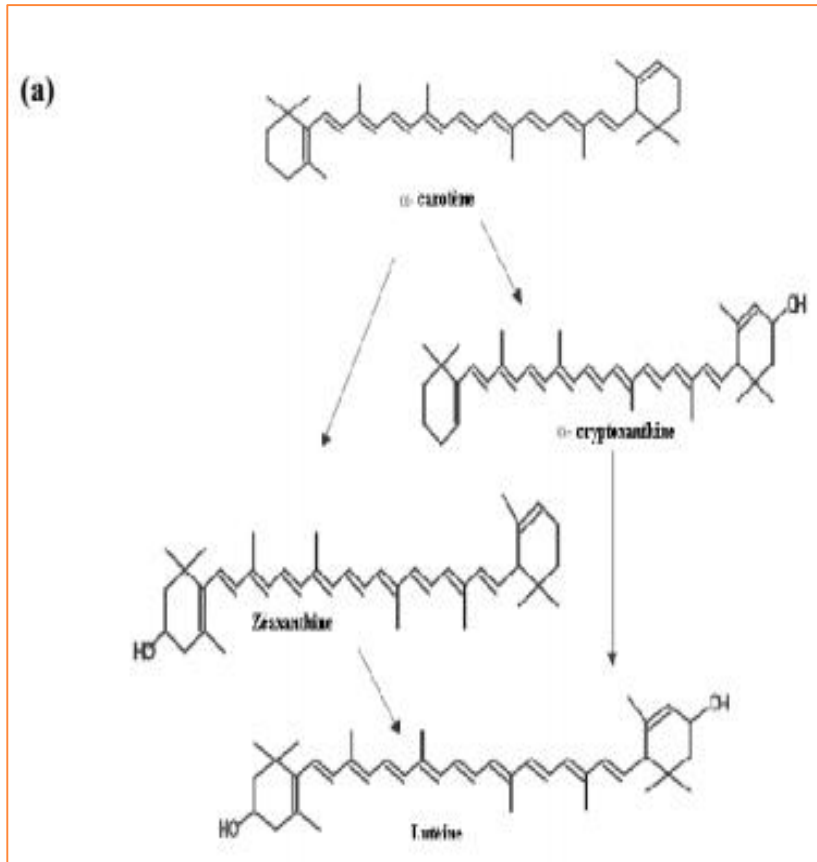
## 4. Cyclisation du lycopène et biosynthèse des caroténoïdes cycliques

Le cycle introduit peut être de type  $\beta$ ,  $\epsilon$  ou  $\gamma$ , selon la position de la double liaison dans le cycle. Les cycles les plus communs sont les cycles de type  $\beta$ . Les cycles  $\epsilon$  sont uniquement retrouvés dans les plantes et certaines algues.



Position de la double liaison sur le cycle carboné

# 3. BIOSYNTHÈSE DES CAROTÉNOÏDES



5. Formation des xanthophylles à partir du  $\alpha$ -carotène (a) et  $\beta$ -carotène (b).

# 4. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

## Les caroténoïdes

*sont*

**des composés hydrophobes.**

- insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants apolaires et également dans les graisses alimentaires.
  - *La polarité des caroténoïdes varie d'un pigment à l'autre, suivant le groupe fonctionnel lié aux extrémités de la chaîne polyène.*
- 
- les longueurs d'onde d'absorption max des caroténoïdes dépendent du nombre de doubles liaisons conjuguées.

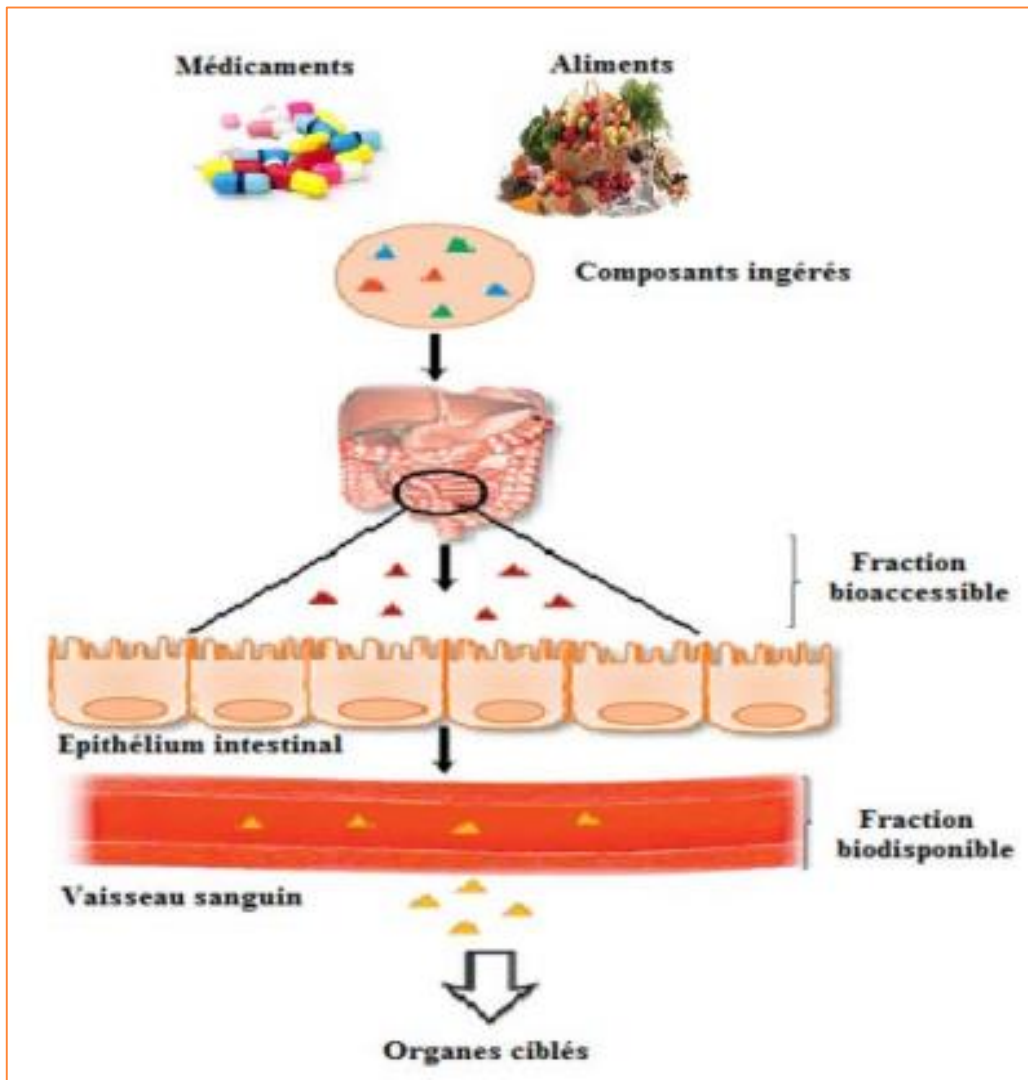
## 4. PROPRIÉTÉS PHYSIQUES ET CHIMIQUES

### Les caroténoïdes

*sont*

- Très sensibles à l'oxygène, la lumière et la chaleur ; cette instabilité est liée à la longue chaîne carbonée insaturée.
- aussi sensibles au pH (*stables à des pH de 4,0-7,0*) et aux ions métalliques, qui augmentent la dégradation des pigments conduisant à la perte de la couleur .

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES



## Bioaccessibilité

est définie comme étant le pourcentage de nutriments libérés des aliments qui est potentiellement disponible pour l'absorption intestinal.

## Biodisponibilité

est définie comme étant l'aptitude d'un nutriment ingéré dans un aliment à être mis à la disposition des organes et tissus cibles où il doit exercer son action.

**Bioaccessibilité et biodisponibilité des composés bioactifs (Guerra et al., 2012).**

## 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES

- **La biodisponibilité des caroténoïdes va comprendre les étapes métaboliques suivantes:**
  1. la libération de ces pigments lipophiles de la source alimentaire vers la muqueuse intestinale, (*bioaccessibilité*).
  2. leur absorption intestinale,
  3. leur transport et leur métabolisme.

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES

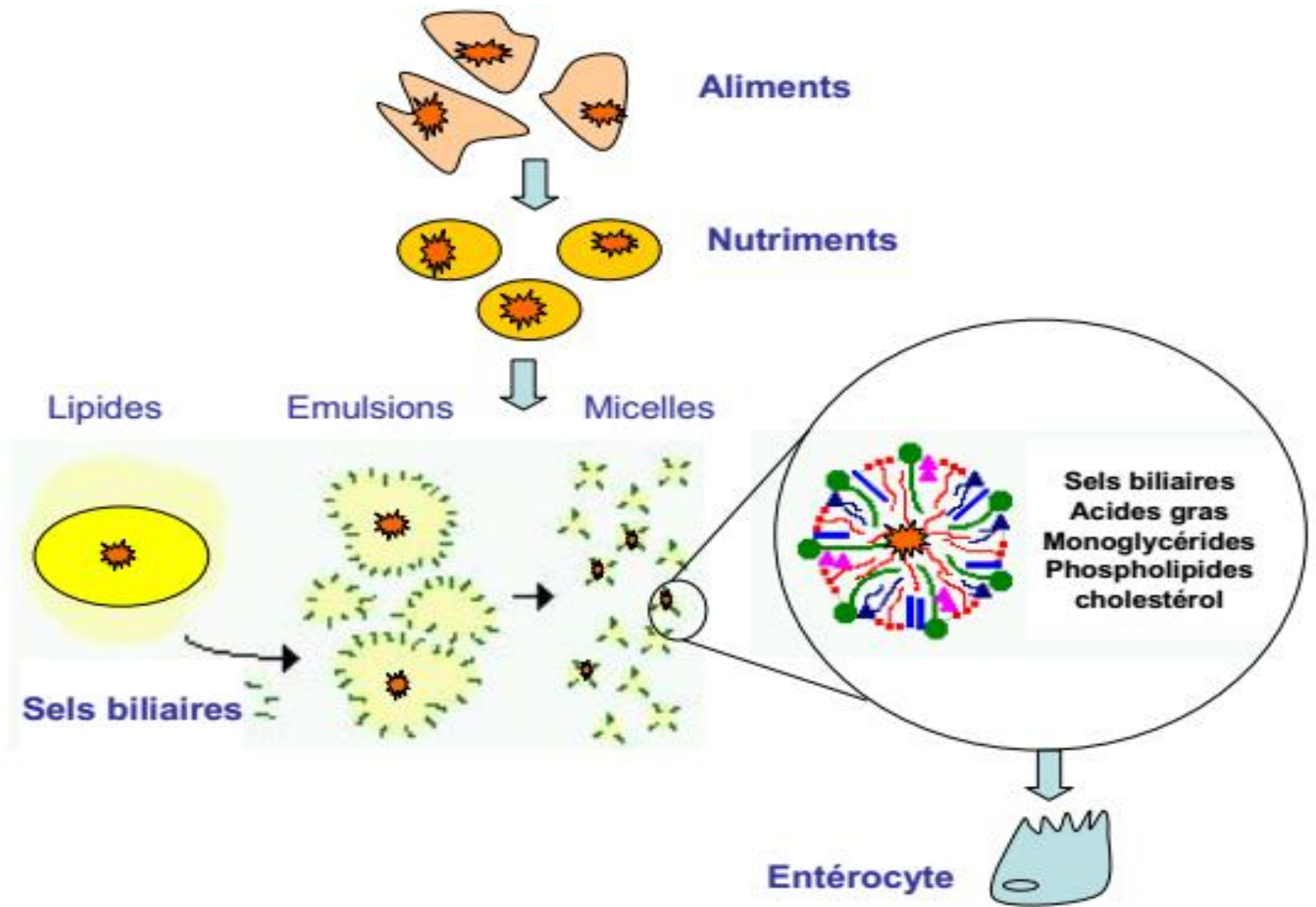
## 1. Libération

pour pouvoir être absorbés, ils doivent être libérés de leur matrice alimentaire

Sous l'action de la mastication, du brassage stomacal et des différentes enzymes digestives.

vont pouvoir se dissoudre dans des gouttelettes lipidiques au niveau stomacal puis duodéal..

les sécrétions pancréatique et biliaire vont ensuite favoriser la formation de vésicules lipidiques multi-lamellaires qui formeront des micelles mixtes indispensables pour l'absorption des caroténoïdes par l'entérocyte.



**Transfert des caroténoïdes de la matrice alimentaire aux micelles mixtes.**

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES

## 2. Absorption

Les caroténoïdes contenus dans les micelles lipidiques vont tracer un chemin pour atteindre la membrane apicale des entérocytes, où ils seront absorbés par deux mécanismes.

*soit ils vont être absorbés par*

**diffusion passive,**

*(passage direct à travers la membrane de la cellule intestinale selon le gradient de concentration),*

*soit par*

**diffusion facilité**

*(passage à l'aide de trois transporteurs spécifiques (Scavenger Receptors **B1 (SR-B1)**, **CD36** et **NPC1L1**).*

*Les deux mécanismes d'absorption cités ne nécessitent pas de dépense d'énergies.*

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES

## 2. Absorption

Après l'absorption par l'entérocyte,

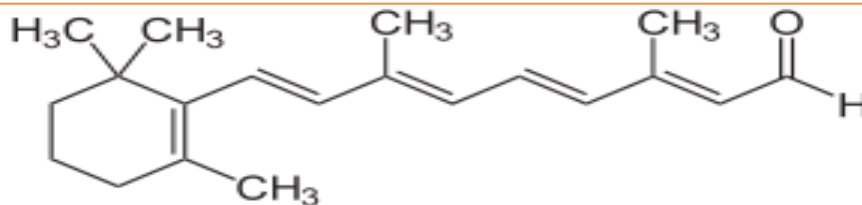
les caroténoïdes provitaminiques A,

(notamment les  $\beta$ -carotène,  $\alpha$ -carotène et  $\beta$ -cryptoxanthine),

subissent un clivage sous l'action de la

*$\beta$ -carotène 15,15' dioxygénase 1 (BCO 1)*

pour donner deux molécules de **rétinal** qui se réduisent en **rétinol** et, par la suite, forment des esters de rétinol



*Rétinal*

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES

## 2. Absorption

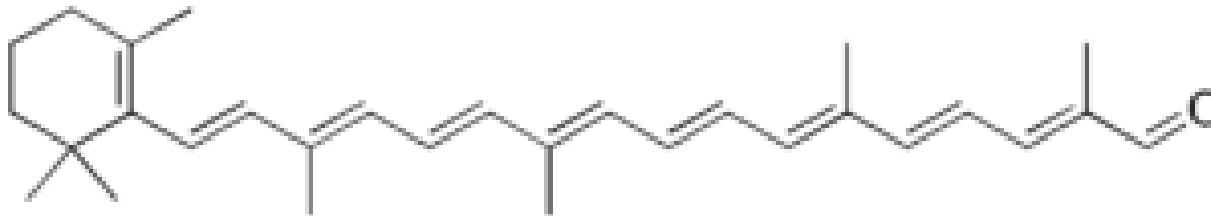
et les caroténoïdes non provitaminiques,

(notamment le *lycopène* et la *lutéine*),

seraient clivés par

*$\beta$ -carotène 9',10' oxygénase 2 (BCO 2)*

pour donner des **apo-caroténals**.



**Apo-caroténal** : additif alimentaire de code **E160e** (colorant rouge-orangé), **excipient** en pharmaceutique et en cosmétique (*substance qui sert à incorporer ou à dissoudre certains médicaments pour en masquer la saveur désagréable et en faciliter l'absorption*).

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES

## 3. Transport

*Après l'internalisation dans les entérocytes,*

**les caroténoïdes intacts ainsi que les esters de rétinol**

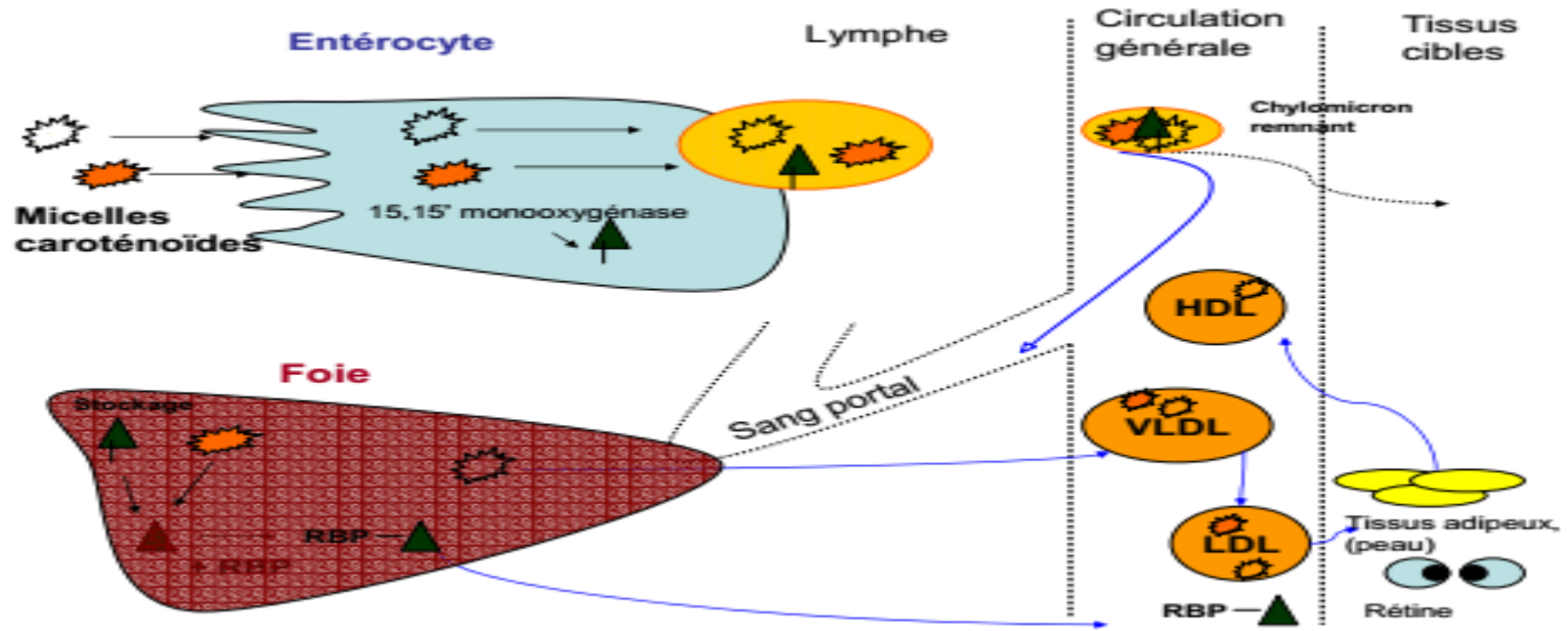
*sont incorporés dans*

**les chylomicrons**






Qui vont être secrétés dans l'espace intercellulaire puis déversés dans le système sanguin périphérique via le système lymphatique.

*Ils vont ensuite gagner la circulation générale (sanguine) qui permet leur distribution au foie puis aux tissus périphériques via le VLDL, LDL et HDL*

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES



Légende:

-  Caroténoïde non-provitaminique
-  Caroténoïde provitaminique
-  Ester de rétinol
-  Rétinol
-  RBP — Rétinol

**HDL:** High density lipoprotein

**VLDL:** Very low density lipoprotein

**LDL:** Low density lipoprotein

# 5. BIODISPONIBILITÉ DES CAROTÉNOÏDES

## Facteurs influençant la biodisponibilité des caroténoïdes

sont rassemblés sous l'acronyme **SLAMENGI**

- **S** pour *species of carotenoids* (type de caroténoïde),
- **L** pour *molecular Linkage* (esters de caroténoïde),
- **A** pour *Amount of carotenoids consumed in the meal* (dose ingérée pendant le repas),
- **M** pour *Matrix in which the carotenoid is incorporated* (matrice dans laquelle le caroténoïde est incorporé),
- **E** pour *Effectors of absorption and bioconversion* (pour tenir compte des nutriments ou médicaments qui peuvent affecter l'absorption),
- **N** pour *Nutrient status of the host* (statut en vitamines A ou caroténoïde de l'individu),
- **G** pour *Genetic factors* (facteurs génétiques),
- **H** pour *Host-related factors* (facteurs liés à l'hôte : âge, sexe, pathologies)
- **I** pour *mathematical Interactions* (Synergie entre les différents facteurs).

# 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

## 1. Synthèse chlorophyllienne et phytohormone

*Dans les plastes, les caroténoïdes*

*jouent deux rôles :*

### 1. Synthèse chlorophyllienne

- d'une part, ils *captent l'énergie lumineuse* et la *transmettent au chlorophylle* ;
- d'autre part, ils *reçoivent l'énergie captée par le chlorophylle au cas d'excès* (*peut conduire à la formation de  $^1O_2$* ) ;

### 2. Synthèse des phytohormones

- ils *sont également des précurseurs des apocaroténoïdes* (phytohormone *telle que l'acide abscissique*).

# 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

## 2. Propriété pro-vitaminique A

- ❑ Les carotènes ( $\beta$ -carotène et  $\alpha$ -carotène) et aussi une xanthophylle ( $\beta$ -cryptoxanthine) sont une source de **vitamine A**, appelée **rétinol** ;
- ❑ Au niveau des carbones 15 et 15' se produit une coupure oxydante et une réduction enzymatique change la fonction aldéhyde en fonction alcool primaire, plus stable ; ce qui donne du rétinol.

### ***Remarque :***

*L'appellation "rétinol" (dans laquelle on perçoit le mot rétine) pour la vitamine A est due à l'importance de ce composé dans la vision.*

*Le mécanisme de la vision nécessite, au niveau de la rétine, du rétinol, qui se forme par déshydrogénation du rétinol.*

# 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

## 3. Propriétés antioxydantes

- *Le stress oxydant pour un organisme est un type d'agression des constituants des cellules par des espèces réactives oxygénées (ERO) ou par des radicaux (l'oxygène singulet  $^1O_2$ , l'anion superoxyde  $O_2^{\cdot-}$ , le radical hydroxyle  $HO^{\cdot}$  ou le radical peroxyde  $ROO^{\cdot}$ ).*
- Les caroténoïdes ont des **propriétés anti-oxydantes** dues essentiellement à leurs nombreuses **doubles liaisons**.

### **Exemple :**

- le lycopène est l'un des plus puissants, à piéger l'oxygène singulet ou à neutraliser certains radicaux comme les peroxydes notamment.

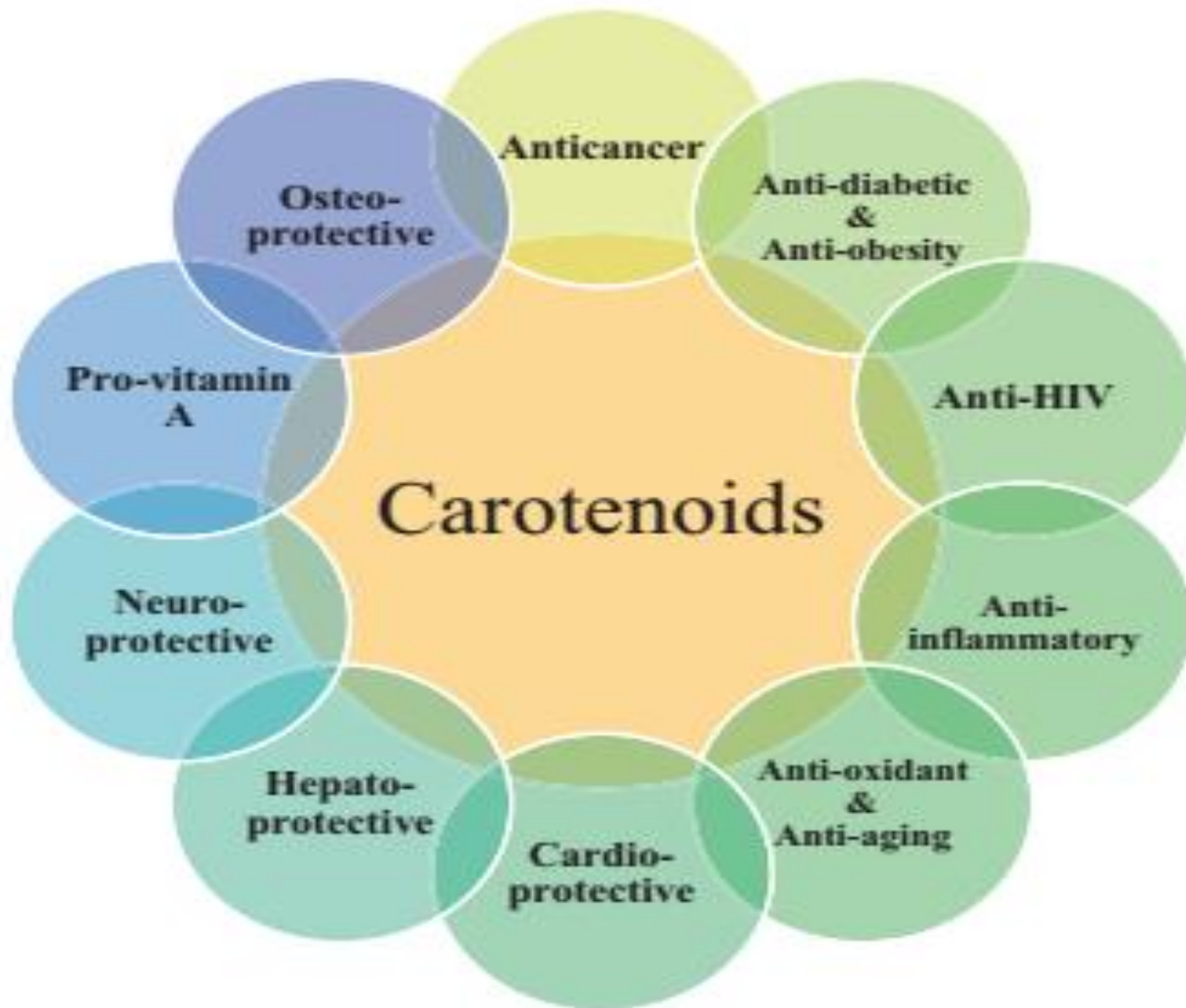
# 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

## GRÂCE À LEUR POUVOIR ANTIOXYDANT

LES CAROTÉNOÏDES SONT IMPLIQUÉS DANS LA PRÉVENTION DE CERTAINES MALADIES

- les maladies de l'œil dont la DMLA (Dégénérescence Maculaire Liée à l'Age),
- les maladies cardiovasculaires,
- certains cancers
- l'érythème induit par la lumière.

les caroténoïdes auraient un rôle dans la régulation du système immunitaire et dans la protection de la stabilité génomique



# 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

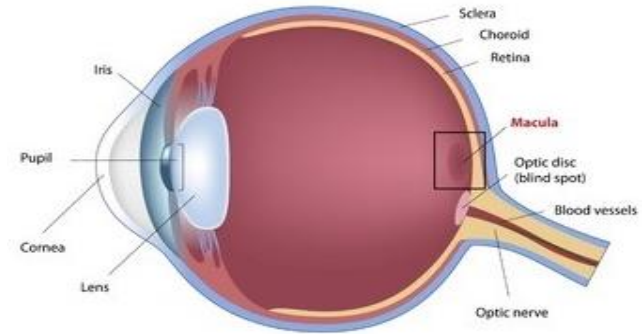
## EXEMPLES

Lutéine et zéaxanthine

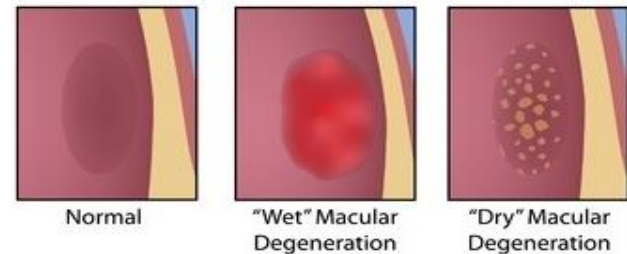
*préviennent*

la dégénérescence maculaire liée à l'âge

*DMLA (rôle dans la protection de la rétine).*



*Comparaison entre vision normale  
et vision d'un sujet atteint de DMLA*



## 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

### EXEMPLES

#### Le lycopène

*possède*

des effets protecteurs contre le cancer et les maladies cardiovasculaires.

*Du fait de sa présence en concentration élevée dans les tissus prostatiques, le lycopène*

*prévient non seulement*

*le cancer de la prostate, mais il peut en réduire l'agressivité.*

## 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

### EXEMPLES

$\beta$ -carotène

*peut réduire*

le risque de cancer du poumon.

## 6. PROPRIÉTÉS BIOLOGIQUES

### EXEMPLES

Les caroténoïdes ( $\beta$ -carotène et lutéine)

*protègent*

la peau des dommages causés par le soleil  
(le rétinol intervient dans le traitement des acnés  
sévères).

Les caroténoïdes

*protègent également*

le cristallin de l'œil contre des cataractes.  
(opacification partielle ou totale).

## 7. PRODUCTION BIOTECHNOLOGIQUE DES CAROTÉNOÏDES

- ❑ Les champignons, les bactéries et les plantes peuvent être **génétiqument modifiés** afin d'augmenter la production de caroténoïdes, soit par :
  - **l'introduction des gènes** pour la biosynthèse des caroténoïdes,
  - **l'augmentation de la teneur en enzymes** limitant la vitesse de production.

**Exemple:** Le champignon de levure *Phaffia rhodozyma* peut être génétiquement modifié afin de produire plus **d'astaxanthine** et également des caroténoïdes non spécifiques.

## Biotechnological production of carotenoids by yeasts: an overview

Luis Carlos Mata-Gómez<sup>1</sup>, Julio César Montañez<sup>2\*</sup>, Alejandro Méndez-Zavala<sup>2</sup> and Cristóbal Noé Aguilar<sup>3</sup>

### Abstract

Nowadays, carotenoids are valuable molecules in different industries such as chemical, pharmaceutical, poultry, food and cosmetics. These pigments not only can act as vitamin A precursors, but also they have coloring and antioxidant properties, which have attracted the attention of the industries and researchers. The carotenoid production through chemical synthesis or extraction from plants is limited by low yields that results in high production costs. This leads to research of microbial production of carotenoids, as an alternative that has shown better yields than other aforementioned. In addition, the microbial production of carotenoids could be a better option about costs, looking for alternatives like the use of low-cost substrates as agro-industrial wastes. Yeasts have demonstrated to be carotenoid producer showing an important growing capacity in several agro-industrial wastes producing high levels of carotenoids. Agro-industrial wastes provide carbon and nitrogen source necessary, and others elements to carry out the microbial metabolism diminishing the production costs and avoiding pollution from these agro-industrial wastes to the environmental. Herein, we discuss the general and applied concepts regarding yeasts carotenoid production and the factors influencing carotenogenesis using agro-industrial wastes as low-cost substrates.

**Keywords:** Pigments, Yeast, Agroindustrial wastes

# CONCLUSION

- **Les caroténoïdes** jouent des rôles vitaux à la fois dans les plantes et chez les humains.
- **Dans les plantes**, ils contribuent à la photosynthèse, à la protection contre les dommages lumineux et au métabolisme secondaire.
- **Chez les humains**, ils sont essentiels pour la vision, le système immunitaire et la prévention de plusieurs maladies chroniques grâce à leurs puissantes propriétés antioxydantes et leur rôle de provitamines A.
- **Les caroténoïdes** sont donc non seulement des pigments colorés mais aussi des composés bioactifs d'une importance capitale pour la santé.

# RÉFÉRENCES

- Borel P. (2014). Biodisponibilité des phytomicronutriments : Mécanismes impliqués et stratégies d'amélioration. *Innovations Agronomiques* 42, 27-37.
- Causse C. (2013). Les secrets de santé des antioxydants : vivre plus longtemps en bonne santé. *Alpen*, France, P. 30-35.
- Haleng J., Pincemail J., Defraigne J.O., Charlier C. & Chapelle J.P. (2007). Le stress oxydant. *Revue Médiale de Liège*, 62(10), 628-638
- Nève J. (2002). Modulation de l'apport alimentaire en anti-oxydants. *Nutrition clinique et métabolisme*, 16, 292-300.
- [www.lepoumondelaplanete.e-monsite.com](http://www.lepoumondelaplanete.e-monsite.com)
- [www.quickikiwiki.com](http://www.quickikiwiki.com)
- [www.zebedielagaegamahlako.org](http://www.zebedielagaegamahlako.org)
- [www.cuisine.larousse.fr](http://www.cuisine.larousse.fr)
- [www.productons-extreme.com](http://www.productons-extreme.com)
- [www.echelon-inc.com](http://www.echelon-inc.com)
- [www.revespcardiol.org](http://www.revespcardiol.org)
- [www.slideplayer.fr](http://www.slideplayer.fr)
- [www.dermatologuemedecineesthetique.com](http://www.dermatologuemedecineesthetique.com)
- <http://carotenoiddb.jp/>

## Références électroniques :

- [www.dreamstime.com](http://www.dreamstime.com)
- [www.foozine.com](http://www.foozine.com)
- [www.birri.ca](http://www.birri.ca)
- [www.futura-sciences.com](http://www.futura-sciences.com)
- [www.guide-vue.fr](http://www.guide-vue.fr)
- [www.arcagy.org](http://www.arcagy.org)
- [www.diariomedico.com](http://www.diariomedico.com)