

« Antioxydants dans les aliments ou Phytonutriments antioxydants. »

I / LES POLYPHENOLS

Introduction générale :

Après avoir défini dans le premier chapitre les pathologies alimentaires d'une façon générale, dans le second chapitre nous avons défini les aliments fonctionnels et les nutraceutiques, nous allons dans ce chapitre qui s'intitule Antioxydants des aliments ou Phytonutriments antioxydants, donner quelques exemples de produits ou d'aliments ayant des potentialités avérées. Nous allons étudier quelques classes de produits ou de substances en insistant sur leur origine, leur distribution, leur biosynthèse, leur caractérisation ...et leur effet probable sur la santé.

Ces **phytonutriments** offrent à l'industrie agroalimentaire l'occasion d'accroître la **valeur ajoutée** des produits, tant à l'échelle **nationale qu'internationale**.

Les cours de cette partie **constitueront** également des informations ou des orientations surtout pour les **étudiants en Master** pour leur mémoire de fin d'étude, pour les **doctorants** pour leur travail de recherche mais aussi dans le cadre de **l'entreprenariat** pour la création d'entreprise pilote pour faire valoriser leur travail de recherche.

Les produits thérapeutiques d'origine végétale à valeur ajoutée sont très demandés et ont un avenir certain, vu le vieillissement de la population, l'augmentation des coûts de soins de santé, le progrès en matière de technologie alimentaire et de nutrition mais aussi l'intérêt des consommateurs qui comprennent de mieux en mieux le lien entre le régime alimentaire équilibré à visée thérapeutique et la santé.

Nous allons nous restreindre à quelques produits que l'on peut rencontrer dans les aliments que l'on cultive dans notre pays et que l'on utilise en alimentation dans le régime alimentaire en Algérie. (Régime méditerranéen réputé pour sa richesse en fruits et légumes).

1 / FRUITS ET LEGUMES : PRINCIPAUX PHYTONUTRIMENTS

Plus personne ne conteste aujourd'hui l'impact positif de la consommation des fruits et légumes sur la santé.

Les fruits et légumes sont généralement consommés en quantité suffisante environ (500 à 600 grammes par jour et par personne) ; ils participent à la prévention des principales pathologies qui affectent notre population.

(Voir Chapitre 1 Les pathologies Alimentaires

Les multiples atouts santé des fruits et légumes sont liés à leur faible teneur calorique, leur richesse en **phytonutriments**, richesse en fibres, minéraux, vitamines etc ...

Certains de ces Phytonutriments apparaissent de plus en plus essentiels au bon fonctionnement de notre organisme et participant à la protection de notre organisme contre les maladies cardiovasculaires, les cancers et autres maladies dégénératives.

C'est le cas des **Antioxydants** dont les fruits et légumes constituent l'une des principales sources alimentaires.

Les principaux antioxydants végétaux sont en nombre de 4.

La vitamine C et vitamine E, les caroténoïdes et les polyphénols nommés également composés phénoliques parmi lesquels flavonoïdes, anthocyanes, tanins etc ..

L'homme ingère ou absorbe avec les aliments environ 1 gramme de composés phénoliques chaque jour soit 10 fois plus que la vit C et 100 fois plus que les caroténoïdes et la Vit E.

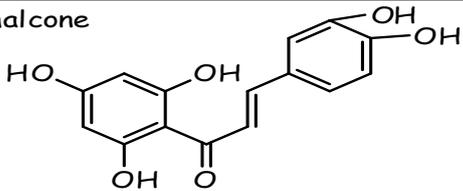
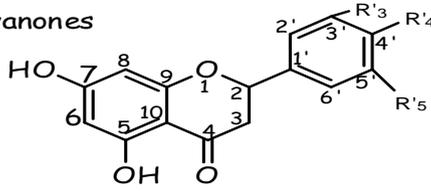
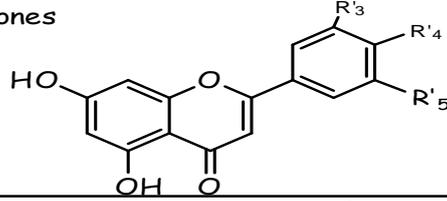
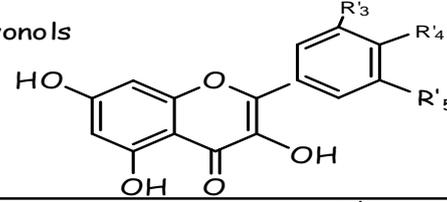
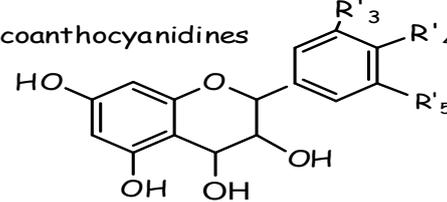
2 / Principales classes des composés phénoliques :

(voir détail cours sur les composés phénoliques cours de Génie biochimique) :

La classification des composés phénoliques et en fonction du nombre d'atomes de carbones.

Rappel, Les principales classes : Les phénols (6 carbones= C₆), les acides phénols (C₆_C₁), les acides cinnamiques et dérivés (C₆-C₃), les flavonoïdes C₆-C₃-C₆, les anthocyanes et enfin les tanins condensés (C₆-C₃-C₆)_n.

Principales classes de polyphénols importants

<p>Chalcone</p> 	R'3	R'4	R'5	Nom de la molécule
				Butéine
<p>Flavanones</p> 		OH		Naringénine
	OH	OH		Eriodictine
<p>Flavones</p> 		OH		Apigénine
		OCH3		Acacétine
	OH	OH		Lutéoline
	OH	OCH3		Diosmétine
	OCH3	OH	OCH3	Triticine
<p>Flavonols</p> 		OH		Kaempférol
		OCH3		Kaempféridine
	OH	OH		Quercétine
	OH	OH	OH	Myricétine
<p>Leucoanthocyanidines</p> 		OH		Propelargonidine
	OH	OH		Procyanidine
	OH	OH	OH	Prodéphinidine

Les anthocyanes

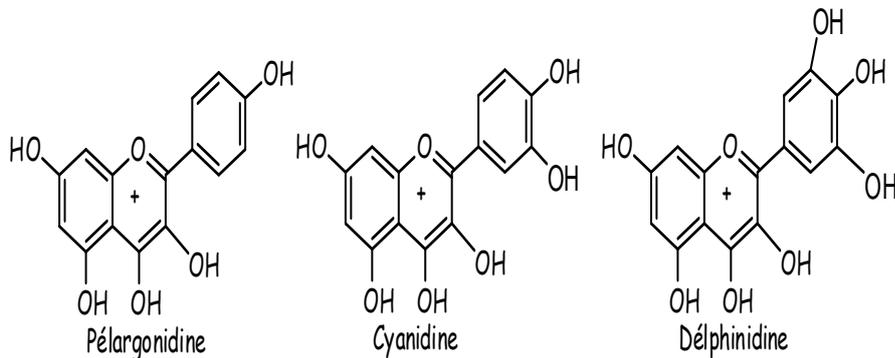


Tableau .1 : Distribution nutritionnelle de certains flavonoïdes.

Fruits et légumes	Mg/Kg	Molécules
Persil	500	Apigénine
ciboulette	100	Quercétine+ Kaempférol
Laitue	320	Quercétine
Oignon	300	Quercétine Kaempférol
Endives	290	Kaempférol
Poireau	100	Quercétine+ Kaempférol
Céleri	100	Apigénine+ lutéoline
Haricots	70	Quercétine+ Kaempférol
Brocolis	35	Quercétine+ Kaempférol
Tomate	10	Quercétine+ Kaempférol
Choux fleur	3	Quercétine+ Kaempférol
Pomme de terre	3	Quercétine+ Kaempférol
Orange, citron	170/280	Hespéritine
Pamplemousse	270/600	Naringénine
Myrtilles	165	Quercétine
Raisins	50 /100	Myricétine +Quercétine
Abricots	55	Quercétine
Mûres	50	Quercétine+ Kaempférol
Pommes	30	Quercétine
Framboises	30	Quercétine +Kaempférol
Prunes	30	Kaempférol+ Quercétine

On pourra évidemment allonger la liste des fruits : fraises, cerises ; légumes : poivrons, chou ; et les plantes médicinales qui sont riches en ces composés bioactifs. (le thé, la menthe, le romarin, l'origan, le thym, l'armoise, etc ...)

Les composés phénoliques des végétaux ont d'abord été étudiés pour leur effet protecteurs contre les pathogènes et le rayonnement UV.

Actuellement nous portant un autre regard très important après la découverte ou la reconnaissance de leurs propriétés antioxydantes et de leurs effets sur la santé humaine.

Les recherches sur les effets santé des composés phénoliques ou polyphénols ont débuté plus tardivement que pour les autres antioxydants.

Plusieurs molécules ont été identifiées dans les aliments répartis en plusieurs classes. **On peut citer parmi les plus importantes :**

- La classe des flavonoïdes représentée par les flavones, flavonols, flavanone, catéchine, épicatechine,
- La classe des anthocyanes responsable de la couleur des fruits rouges
- Les tanins condensés responsables de l'astringence des fruits

3/ Propriétés essentielles :

En tant qu'antioxydants, tous les polyphénols sont capables de piéger les radicaux libres générés en permanence par notre organisme ou formés en réponse à des agressions de notre environnement.

Exemples d'oxydants :

- Le tabagisme (cigarette) les polluants atmosphériques (gaz d'échappement des voitures, des camions, des trains, des usines),
- l'alcoolisme ...
- Le stress, les efforts physiques intenses produisent des espèces oxygénées réactives
- Les maladies, infections, les médicaments produisent des radicaux libres etc

Tous ces oxydants produisent des EOR ou ROS induisent ce que l'on appelle le Stress oxydatif.

La consommation des polyphénols des aliments renforcent nos défenses naturelles en protégeant les constituants tissulaires (lipides et autres macromolécules) contre le stress oxydatif et préviendrait ainsi les divers maladies chroniques associées tels le MCV, l'ostéoporose, le cancer etc ...

3. 1/ De nombreux travaux suggèrent que les polyphénols participent à la prévention des maladies cardiovasculaires.

La consommation des polyphénols se traduit par une augmentation transitoire de la capacité antioxydante du plasma dans les heures qui suivent un repas riche en polyphénols. Arrivés au niveau des artères, ils préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL Low Density Lipoproteins) qui est l'un des facteurs clé du processus physiopathologique de l'athérosclérose.

En inhibant les LDLs, ils limitent leur incrustation (leur dépôt) dans la paroi des artères qui contribuent à l'épaississement des parois des artères et inhibant l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose qui peut conduire à l'occlusion des artères. Artères bouchées par dépôt de graisses

D'autres études ont montré que les polyphénols améliorent le bon fonctionnement de l'endothélium (couche de cellules épithéliales qui tapissent l'intérieur des parois du cœur et des vaisseaux)

Les polyphénols en prévenant l'athérosclérose et les risques de thrombose limiteraient les risques de l'infarctus du myocarde. MCV.

3. 2/ Les polyphénols des aliments seraient impliqués dans la prévention de certains cancers :

Ils sont actifs contre de nombreux cancers des voies digestives : colon, estomac, foie, sein, peau, vessie, prostate, poumon ...à tous les stades carcinogènes.

Au stade d'initiation, ils agissent comme agents bloquants en empêchant l'activation des procarcinogènes, en piégeant les mutagènes électrophiles ou en stimulant la réparation des ADN mutés.

Au stade de promotion et de progression, ils agissent comme agent supprimeurs de tumeurs.

3. 3/ Les polyphénols pourraient exercer des effets protecteurs contre les maladies hormono-dépendants telle que **l'ostéoporose** en modulant la réponse aux oestrogènes endogènes.

Certains polyphénols et plus particulièrement les **isoflavones** (déjà citées voir cours aliments fonctionnels). Ces molécules flavoniques ont une affinité remarquable pour les récepteurs des oestrogènes et sont qualifiés de **Phytoestrogènes**.

D'autres molécules telle que la quercétine, le kaempférol possèdent des propriétés ostrogéniques qui inhiberaient la perte osseuse.

Les orientations récentes de recherche sur les polyphénols visent d'une part à mieux comprendre les mécanismes d'action au niveau moléculaire et cellulaire et à évaluer par des études cliniques leur incidence sur certains marqueurs clé associés aux pathologies.

D'autre part les études **épidémiologiques** visant à préciser les associations entre les niveaux de consommations des divers polyphénols et le risque de développer

ou de traiter les pathologies permettront de préciser la nature des polyphénols et le niveau d'apports les plus favorables à la prévention des diverses pathologies.

II. LES VITAMINES :

Les vitamines sont des substances organiques, sans valeur énergétique propre, qui sont nécessaire à l'organisme et que l'homme ne peut synthétiser en quantité suffisante. Elles doivent être fournies par l'alimentation. Leurs structures chimiques sont très hétérogènes, de faible poids moléculaire et certaines d'entre elles sont douées de propriétés antioxydantes. On citera la Vitamine C et la vitamine E.

1. La vitamine C :

La **vitamine C** ou Acide Ascorbique est hydrosoluble, c'est-à-dire qu'elle est soluble dans l'eau. La vitamine C est absorbée principalement par l'intestin grêle et, en beaucoup plus faible quantité, dans la bouche et l'estomac ; elle est éliminée par l'urine. Dans l'organisme, elle est surtout présente dans le cristallin de l'oeil, les globules blancs, l'hypophyse, les glandes surrénales et le cerveau.

La **vitamine C** participe à des centaines de processus dans l'organisme. Une de ces principales fonctions est d'aider le corps à fabriquer le **collagène**, une protéine essentielle à la formation du tissu conjonctif de la peau, des ligaments et des os. Elle contribue aussi au maintien de la fonction immunitaire, elle active la cicatrisation des plaies, participe à la formation des globules rouges et augmente l'absorption du fer contenu dans les végétaux.

Un des autres rôles importants de la vitamine C est son effet antioxydant qui protège les cellules contre les dommages infligés par les radicaux libres.

2. Sources alimentaires de Vitamine C

Ce sont les **fruits** et les **légumes** colorés et crus qui contiennent le plus de **vitamine C** :

Fruits : orange, citron, pamplemousse, cantaloup, framboise, fraise, mangue, cassis, kiwi

Légumes : tomate, poivron rouge, persil, piment, brocoli, choux, épinard, fenouil

Généralement, la consommation d'au moins 5 portions de fruits et de légumes frais permet de combler largement les **apports nutritionnels recommandés** en vitamine C. **Attention.** L'air, l'eau et la chaleur peuvent détruire la vitamine C contenue dans les aliments. Pour préserver la vitamine C dans les aliments, il est donc conseillé de cuire les légumes rapidement dans le moins d'eau possible (à la vapeur).

Tableau : Sources alimentaires de la Vitamine C

Aliments	Portions	Vitamine C
Poivron rouge, cru ou cuit	125 g	101-166 mg
Kiwi	1 fruit moyen	71 mg
Orange	1 fruit moyen	70 mg
Mangue	1 fruit moyen	57 mg
Brocoli, cru ou cuit	125 ml (1/2 tasse)	42-54 mg
Chou vert	84 g	52 mg
Jus de pamplemousse	125 ml (1/2 tasse)	36-50 mg
Jus de légumes	125 ml (1/2 tasse)	35 mg
Ananas	125 ml (1/2 tasse)	34 mg

3. De nombreux travaux suggèrent que la Vitamine C participe à la prévention de certaines maladies.

Les recherches et les synthèses portant sur les effets thérapeutiques de la **vitamine C** sont très nombreuses et ne peuvent être toutes citées ici. Pour faciliter la lecture et la compréhension, nous avons donc retenu les données les plus probantes et les plus récentes.

- **Prévention des maladies cardiovasculaires.** Les effets de la vitamine C sur la santé cardiovasculaire ont fait l'objet de nombreuses études épidémiologiques et cliniques. Les études montrent qu'une **alimentation** riche en vitamine C (fruits et légumes) est associée à une réduction du risque de maladie cardiovasculaire. Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer un effet **synergique** des antioxydants, en particulier la vitamine E et la vitamine C, cela expliquerait pourquoi les aliments qui contiennent plusieurs vitamines sont plus efficaces qu'un supplément de vitamine C. Aussi, certaines personnes pourraient être plus sensibles à ses bienfaits : les femmes⁶, les personnes ayant un niveau de **stress oxydatif** plus élevé, comme les personnes âgées, celles souffrant d'obésité, de diabète, d'hypertension ou d'hypercholestolémie.

- **Prévention du cancer.** Rien n'est démontré à ce chapitre, mais la vitamine C continue de susciter l'intérêt de nombreux chercheurs. Bien que la consommation importante de fruits et de légumes soit associée à un risque plus faible de souffrir de cancer, la prise de **suppléments de vitamine C** ne semble pas reproduire cet effet.
- **Prévention de la cataracte.** Des données épidémiologiques indiquent une corrélation entre un taux élevé de vitamine C dans le sang et une prévalence réduite de cataracte.

III. La vitamine E.

La Vitamine E ou tocophérol

La vitamine E a un effet protecteur particulièrement important vis-à-vis des cellules de l'organisme. Elle joue un rôle important dans les mécanismes de la procréation et intervient dans la synthèse des globules rouges.

La vitamine E ou tocophérol, est liposoluble (soluble dans les graisses).

La vitamine E a une **fonction anti-oxydante**.

- Elle agit en **synergie avec d'autres phytonutriments**, tels que la vitamine C, le bêta-carotène et le sélénium.
- Elle protège en particulier les lipides constitutifs des membranes cellulaires, ainsi que les lipoprotéines LDL (les lipoprotéines sont les transporteurs du cholestérol dans le sang). A ce titre, elle participe à la prévention des maladies cardiovasculaires.
- Elle contribue aussi à la **prévention de l'athérosclérose** (altération des artères), en empêchant les plaquettes sanguines de s'agglutiner, en exerçant une action anti-inflammatoire et en stimulant la production de substances vasodilatatrices.
- Elle pourrait participer à la **prévention de la DMLA** (dégénérescence maculaire liée à l'âge), **de la cataracte et du déclin des facultés intellectuelles** avec l'avancée en âge.
- Elle semble **limiter la baisse des défenses immunitaires** chez les personnes âgées.

La vitamine E est utilisée comme conservateur - sous les numéros de code E 306 à E 309 - de certains aliments, pour les protéger de l'oxydation, et donc du rancissement.

Quels sont les aliments riches en vitamine E ?

Les aliments les plus riches en vitamine E sont les **huiles** (en particulier, huiles de tournesol, de noisette et de colza), les **margarines**, élaborées à partir d'huiles, ainsi que les **fruits secs oléagineux** (amande, noisette, noix, pistaches...).

Dans les fruits et légumes - notamment : mûre, pêche, kiwi, avocat, épinard, brocoli -, les poissons et les œufs. Le germe de blé peut compléter les apports.

Quelques propriétés de la vitamine E

Prévention cardiovasculaire

Plusieurs études d'observation ont trouvé une association entre apport élevé en vitamine E et moindre risque de développer une maladie cardiovasculaire.

Prévention de certains cancers

La vitamine E pourrait contribuer à la prévention des cancers, compte-tenu de son action anti-oxydante.

Prévention des Maladies Oculaires

La vitamine E pourrait contribuer à la prévention de la DMLA (dégénérescence maculaire liée à l'âge) ou de la cataracte, deux maladies oculaires au cours desquelles on observe une augmentation du stress oxydatif. Des études d'observation ont trouvé un lien entre apport ou taux sanguin élevé de vitamine E et moindre risque de développer une DMLA ou une cataracte.

4. Les Oligo-éléments :

Les oligoéléments appelés aliments protectifs, micronutriments sont présents en très faibles quantités dans l'organisme (élément-trace) et sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. On le retrouve dans la ration alimentaire équilibrée.

Parmi les oligoéléments qui présentent une activité antioxydante, nous citerons 4. Le Sélénium, le cuivre le manganèse et le Zinc.

5. Les caroténoïdes :

Les caroténoïdes sont des pigments végétaux qui confèrent leur couleur orangée, jaune, rouge ou verte aux légumes, fruits, fleurs et algues. Au delà d'être de remarquables pigments, les caroténoïdes sont également de **redoutables antioxydants aux multiples vertus santé**.

Le terme caroténoïdes vient du latin *Daucus Carota*, la carotte, et évoque déjà l'aspect pigmentaire de ces éléments naturels. Le carotène, molécule de la famille

des terpènes, est le premier de la famille à avoir été découvert en 1881 par Wackenroder. .

Le plus connu des caroténoïdes est le **bêta-carotène**, qui est un précurseur de la vitamine A. C'est lui qui est **responsable de la couleur orange des carottes, du melon, de la mangue**, mais aussi de la couleur verte de certains légumes à feuilles.

On trouve également dans cette vaste famille, le **lycopène** qui colore en rouge les tomates, le pamplemousse rose et les pastèques, la **lutéine** qui prête son pigment aux légumes verts foncés (chou vert, épinards, brocolis...), la **zéaxanthine** responsable de la couleur jaune du maïs et l'**astaxanthine**, pigment rose extrait des carapaces de crustacés ou de certaines algues. Les caroténoïdes sont des substances liposolubles (liées aux graisses) à la forte capacité antioxydante.

Sources alimentaires

Les aliments les plus riches en caroténoïdes sont les fruits et les légumes les plus colorés.

La **patate douce** fait partie des meilleurs sources de bêta-carotène, suivi par la carotte, le potiron, la salade romaine, les épinards, la laitue, les abricots, la mangue et le melon.

Côté **lycopène**, la tomate en est bien pourvue. Le lycopène est en effet un des rares éléments dont la cuisson augmente la biodisponibilité au lieu de l'altérer.

La pastèque contient approximativement la même quantité de lycopène que la tomate crue. Le poivron rouge, sont également de bonnes sources de lycopène.

Enfin, les légumes verts foncés sont riches en **lutéine**, troisième caroténoïde le plus répandu dans l'alimentation. Le chou vert frisé est en tête du classement, suivi par les épinards, les brocolis et les pois verts.

4. Quelques Propriétés

Les caroténoïdes sont essentiellement connus pour leurs très grandes facultés antioxydantes. Ils permettent de **lutter contre les effets délétères des radicaux libres et de lutter contre le vieillissement prématuré des cellules**. Ils ont cependant chacun des propriétés spécifiques :

Lycopène

Le lycopène a fait l'objet de nombreuses études suggérant **son effet protecteur contre le cancer de la prostate**.

La lutéine quant à elle, serait très efficace en **prévention de la cataracte et de la dégénérescence maculaire**. Elle est également utilisée en compléments alimentaire, associée avec le bêta-carotène, pour **protéger la peau des méfaits du soleil**.