

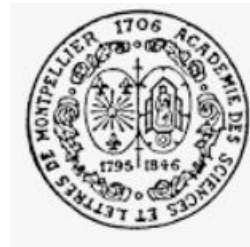
Pour préserver son capital jeunesse, pour bien vieillir, maîtriser le stress oxydatif. Les antioxydants

Pr Jean-Louis CUQ

Professeur agrégé de Biochimie-Physiologie, Dr es Sciences

Président honoraire de l'Université de Montpellier

Membre de l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier



Résumé

La formation des espèces réactives oxydantes *in vivo* est décrite. Les effets de ces EROs sur les composants cellulaires oxydables (protéines, lipides, acides nucléiques) sont présentés. Les incidences de ce stress oxydatif sur nombre de pathologies et sur le vieillissement sont abordés. Pour minimiser ce stress est alors proposée une anti-oxydation. Le bon usage de l'indice ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) de nombreux produits alimentaires permettra aux consommateurs de maîtriser au mieux le stress oxydatif et ainsi de préserver son capital jeunesse et de mieux vieillir.

Mots clés

Stress oxydatif, vieillissement, antioxydants, préserver son capital jeunesse, mieux vieillir.

I - Introduction

Le **stress oxydatif** (ou stress oxydant) résulte *in vivo* d'un déséquilibre entre les teneurs en composés oxydants (**EROs, espèces réactives oxydantes**) et les **capacités anti-oxydantes** à même de les neutraliser, au moins partiellement. Il se traduit par des effets délétères sur certains des constituants de nos cellules (protéines, acides nucléiques, lipides).

Ces composés oxydants radicalaires sont issus soit de phénomènes *in vivo*, surtout de la respiration, qui est de fait une oxydation, soit de la résultante d'un ensemble d'initiateurs externes comme l'exposition aux UV, le tabac, la consommation d'alcool,...

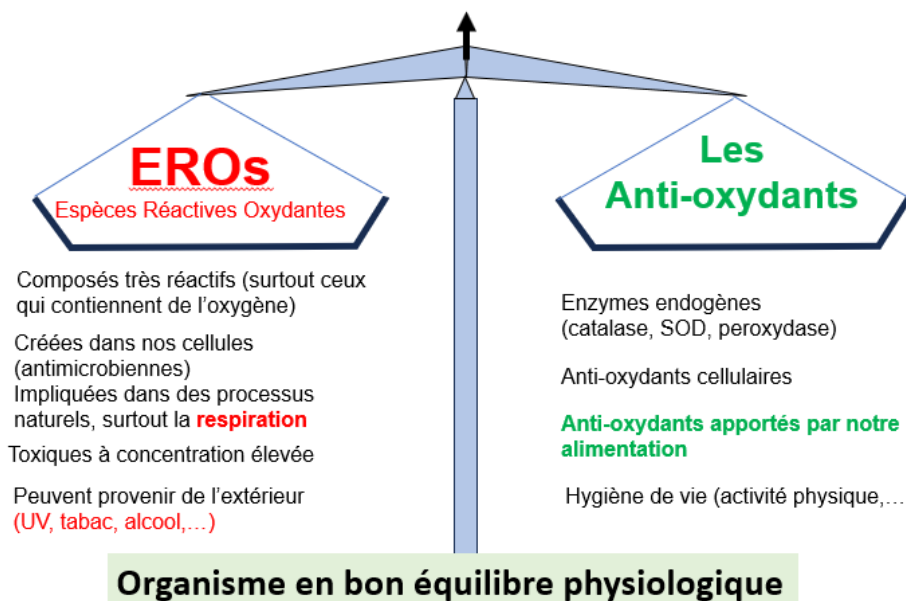
Notre organisme régule l'équilibre oxydation / anti-oxydation grâce à des composés **anti-oxydants** qui sont, pour la plus grande part d'entre eux, issus de notre **alimentation**.

Une neutralisation insuffisante des « oxydants » se traduit par de très nombreux dysfonctionnements cellulaires en grande partie impliqués dans plus de 200 pathologies. Ce **stress oxydatif** est une des causes les plus impliquées dans les phénomènes du **vieillessement**.

Il faut néanmoins signaler certains des effets bénéfiques de la production *in vivo* d'espèces radicalaires oxygénées. Nos phagocytes les mettent en œuvre dans leur lutte contre des espèces microbiennes pathogènes.

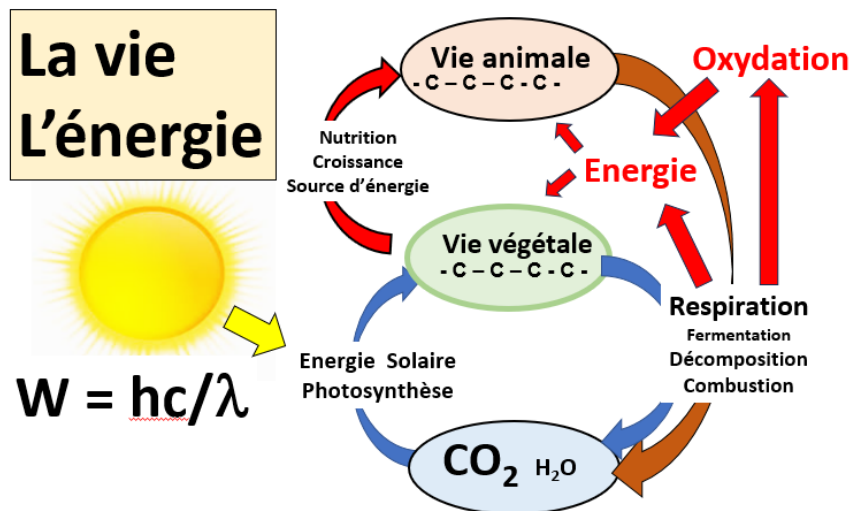
Par ailleurs la synthèse régulée d'EROs est un mécanisme essentiel des signalisations cellulaires qui participent aux équilibres du vivant.

Le paradoxe de ces EROs est donc qu'elles constituent des molécules essentielles à la signalisation et à la régulation cellulaires mais aussi des produits toxiques pour nos constituants cellulaires et du métabolisme.



II - Origine de l'énergie nécessaire à l'expression de la vie

En irradiant notre planète par ses photons, le soleil est la source primaire d'énergie.

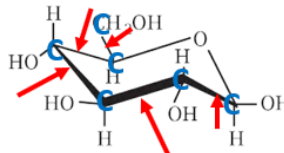


A partir du gaz carbonique et de l'eau, par les réactions complexes de la photosynthèse, les végétaux transforment cette énergie électro-magnétique en énergie chimique qui est essentielle à la vie végétale puis à la vie animale.

Les premières molécules ainsi synthétisées sont des glucides.



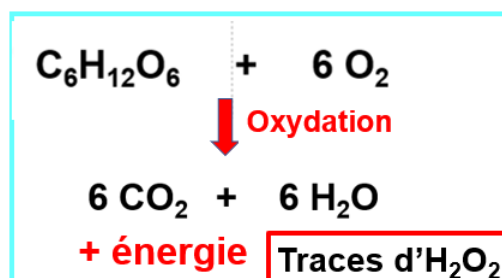
Liaisons σ = énergie libérée
après rupture



Cette énergie chimique est mise à disposition des humains dans nos aliments par « la **respiration** ». Il s'agit d'une « **combustion biologique** » qui induit la rupture des liaisons C-C-C synthétisées. Elle permet la récupération de cette énergie ainsi mise à disposition de l'être vivant pour couvrir ses besoins. Il s'y produit des traces d'eau oxygénée (peroxyde d'hydrogène)

La respiration

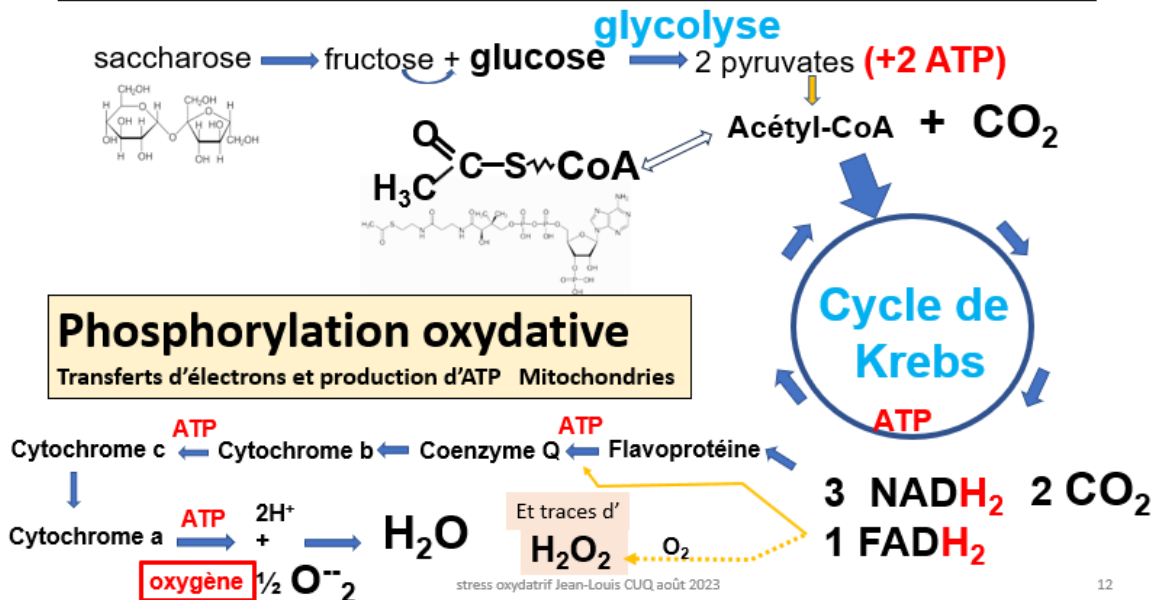
Oxygénation = fixation d'O
sur des molécules



Pour éviter une production de chaleur incompatible avec l'expression de la vie, les réactions d'**oxydation in vivo (respiration)** passent par des **déshydrogénations**

puis des transferts d'électrons qui aboutissent à la formation d'**ATP (base énergétique des vivants)**. C'est un ensemble de réactions bien connu des biochimistes (glycolyse puis cycle de Krebs) qui est mis en jeu. Le CO_2 est formé dans ce contexte.

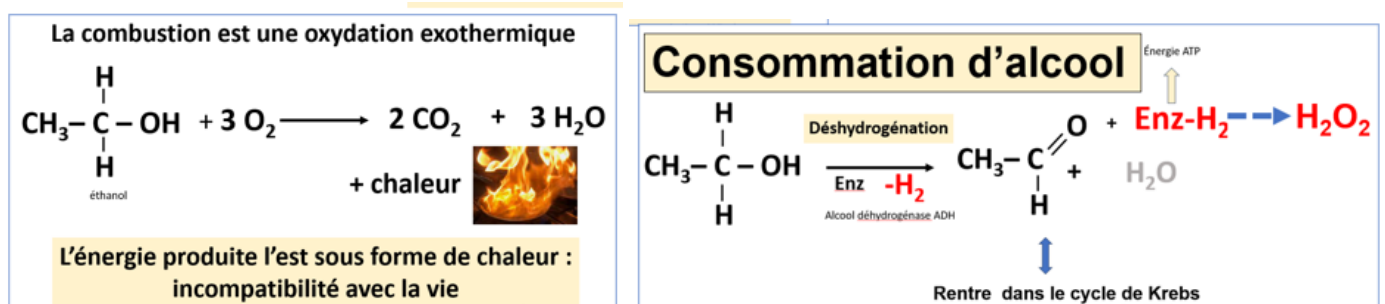
La respiration du sucre *in vivo* – Cycle de KREBS



Les déshydrogénases (NADH_2 - FADH_2) qui ont « arraché » l'hydrogène à certaines des molécules formées dans ce cycle sont régénérées au cours de la phosphorylation oxydative (transferts d'électrons et formation d' H_2O avec l'oxygène). De l'ATP est produit mais aussi quelques molécules EROs (H_2O_2)

A partir d'une molécule de glucose la glycolyse (2) et le cycle de Krebs (2) produisent 4 ATP. Lors du catabolisme de l'acétylCoA par le cycle de Krebs, 3 NADH_2 et 1 FADH_2 sont produits (oxydation par déshydrogénation). S'en suit une chaîne de transferts d'électrons (phosphorylation oxydative) qui en redonnant du NAD et FAD génère 12 ATP (soit pour 2 acétylCoA 24 ATP). Il se forme au cours de cette étape quelques % **de peroxyde d'hydrogène**. Pour une molécule de glucose respirée (oxydée) c'est donc un total de 32 ATP qui est produit.

La combustion d'alcool produit beaucoup de chaleur incompatible avec la vie.



La consommation d'éthanol donne de l'acétylCoA qui entre dans le cycle de Krebs et produit après oxydation de la déshydrogénase du **peroxyde**.

III - Les oxydations. Origines des Espèces Réactives Oxydantes (EROs)

En chimie, l'oxydation correspond à une perte d'électron. Cette réaction est souvent confondue avec les réactions d'oxygénation.



Fe⁺⁺ : fer ferreux

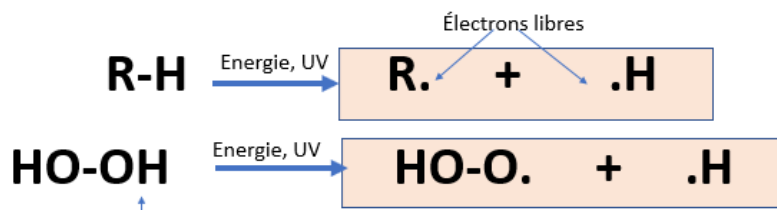
Fe⁺⁺⁺ fer ferrique oxydé

Un **oxydant** est un composé capable d'arracher un ou plusieurs électrons à une molécule qui sera alors **oxydée**. Les oxydations produisent souvent des radicaux libres très réactifs qui génèrent des réactions en chaîne extrêmement destructrices.

Généralités sur la formation des radicaux libres

Sous des effets externes (UV,...) ou au cours des nombreuses réactions de la biochimie, il apparaît des molécules qui en se décomposant génèrent des **radicaux libres**.

Un radical libre résulte de la scission homolytique de liaisons.



Les hydroperoxydes, quand ils se forment *in vivo*, peuvent être éliminés par des systèmes enzymatiques (catalase, peroxydase, superoxyde dismutase).



Formation des radicaux libres *in vivo*.

L'**oxygène** est indispensable dans les réactions de production d'énergie à partir des substrats carbonés (sauf chez les bactéries anaérobies).

Quelques % de l'oxygène utilisé sont transformés en radicaux **HO*** ou **HO-O***

Certaines de nos cellules phagocytaires ont la capacité de produire hors mitochondries des radicaux oxygénés du type O-O* grâce à une NADPH oxydase (NOX). Ces radicaux expulsés des cellules ont une activité microbicide.

D'autres systèmes enzymatiques membranaires ou cytoplasmiques cellulaires sont à même de produire des radicaux libres oxygénés comme par exemple la xanthine

oxydase (métabolisme des purines), les cytochromes P450 qui catalysent l'oxydation des acides gras avec formation $O-O^*$ et d' $HO-OH$. Le noyau de nos cellules contient des cytochromes oxydases aptes à produire $O-O^*$

Rôle des Espèces Réactives Oxydantes (EROs) *in vivo*

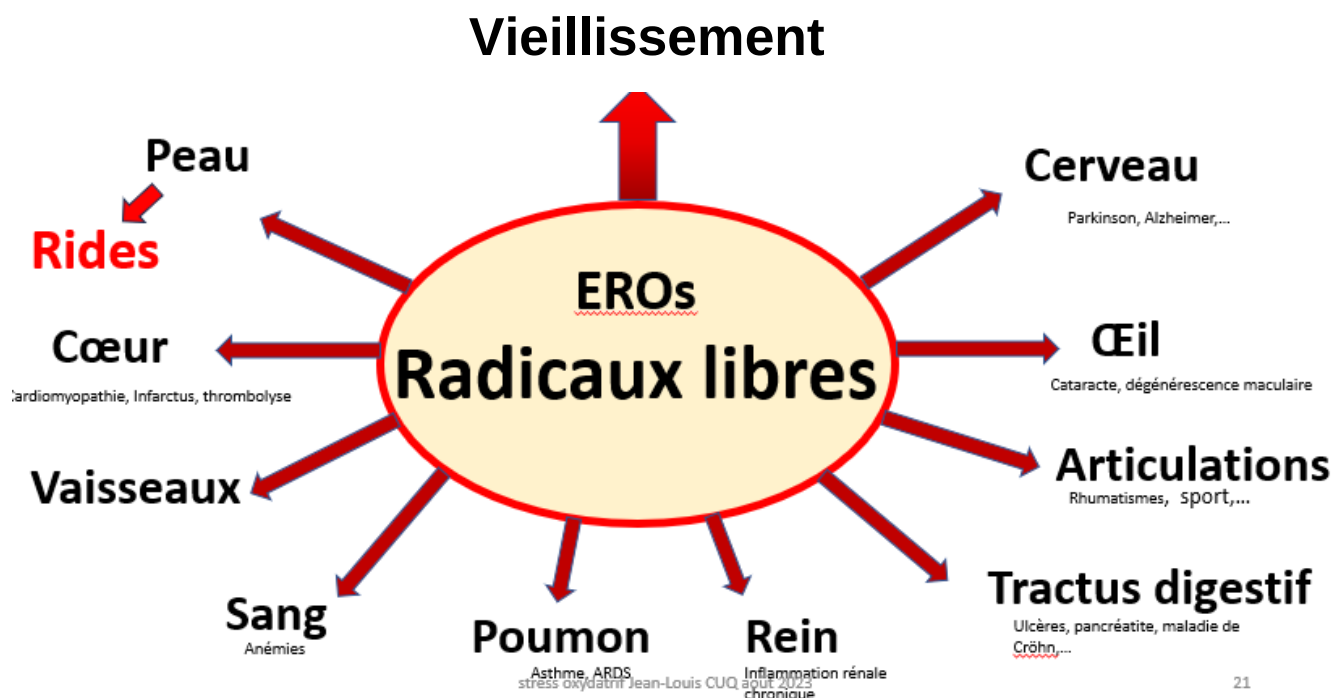
Les espèces réactives oxydantes (EROs) sont indispensables à l'expression de la vie cellulaire. Elles interviennent dans des processus physiologiques comme la défense immunitaire ou encore la régulation de voies de signalisation cellulaires.

Grâce à elles, l'inflammation générée suite à une blessure facilite la cicatrisation et les cellules immunitaires s'activent contre les infections.

Les radicaux libres formés stimulent également la production de cytokines, ce qui entraîne tout un ensemble de réactions inflammatoires. Les cellules immunitaires sont mobilisées sur le site de l'inflammation et vont contribuer à « nettoyer » et réparer les dommages tissulaires.

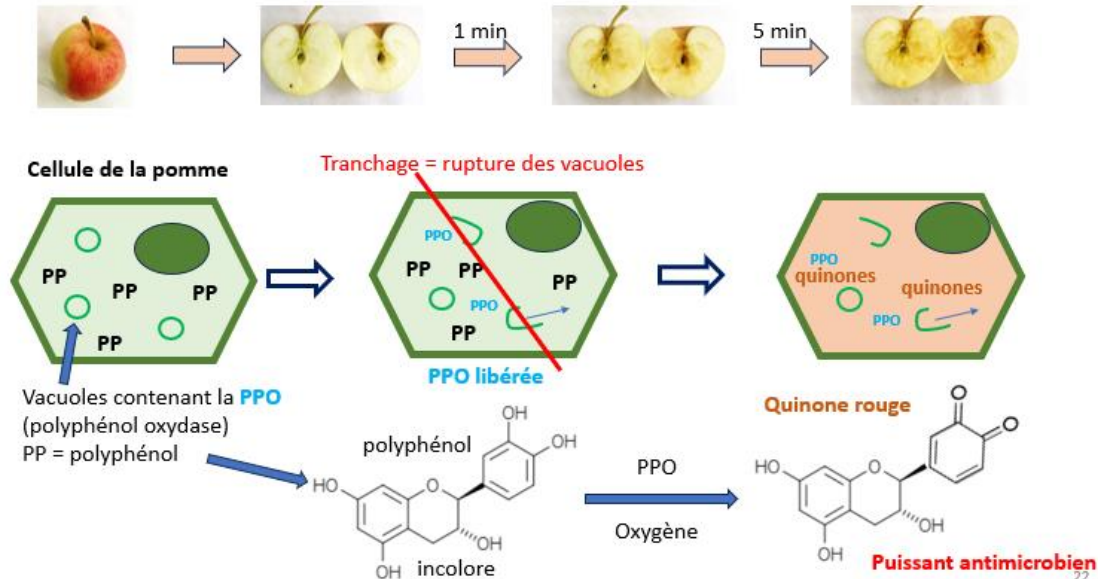
Mécanismes et conséquences de l'oxydation *in vivo*

Dès que les EROs sont formées, des réactions d'oxydation se produisent *in vivo*. Peu spécifiques elles affectent les composants cellulaires oxydables (protéines surtout, lipides, acides nucléiques), ce qui se traduit par des modifications structurales et des pertes de fonctionnalités. Les phénomènes du vieillissement apparaissent alors.



Un exemple dans le monde végétal.

Après altération (insecte, incision au couteau,...) l'oxydation de la pomme résulte de la mise en contact d'une polyphénol-oxydase libérée de ses localisations par l'altération et de son substrat.. En présence d'oxygène les polyphénols contenus dans la pulpe s'oxydent en donnant des quinones rouges.



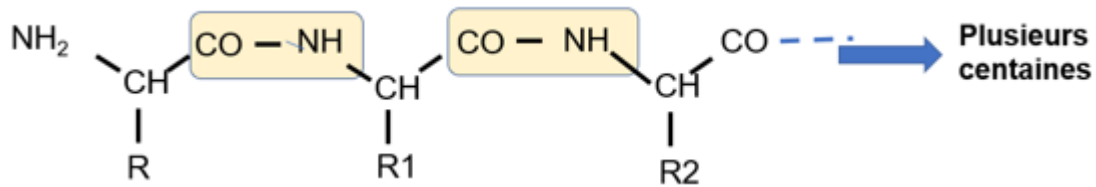
IV- Les composants du vivant sensibles aux oxydations (CCO : Constituants Cellulaires Oxydables)

Les radicaux libres, constitués très souvent par des molécules oxygénées (Espèces Réactives Oxydantes **EROS**), comme **HOO*** par exemple, réagissent sur des composés de notre organisme qui sont « oxydés » et perdent le plus souvent le rôle biologique qu'ils jouaient.

Les composants oxydés par les EROs sont pour l'essentiel des composants majeurs de nos cellules (Les **protéines**, les **lipides** et les **acides nucléiques**).

IV-1 Les protéines

Elles sont les plus abondantes des molécules organiques des cellules (plus de 50% du poids sec des êtres vivants). Il s'agit de macromolécules complexes, de **biopolymères**. Elles sont constituées par une ou plusieurs chaînes polypeptidiques qui sont des copolymères d'une vingtaine d'acides aminés liés par la liaison peptidique.



Elles sont les premières cibles des EROS. On estime que 50 % à 70 % des EROs produites dans une cellule peuvent réagir avec les protéines.

Ces biopolymères présentent *in vivo* une extraordinaire diversité de fonctions :

- **dans les structures du vivant**

Par exemple kératine, collagène, élastine, etc. présentes dans des tissus comme le muscle, l'os, la peau, les organes internes, les membranes cellulaires et organites intracellulaires. Il s'agit de protéines fibreuses.

- **dans leurs participations aux activités biologiques**

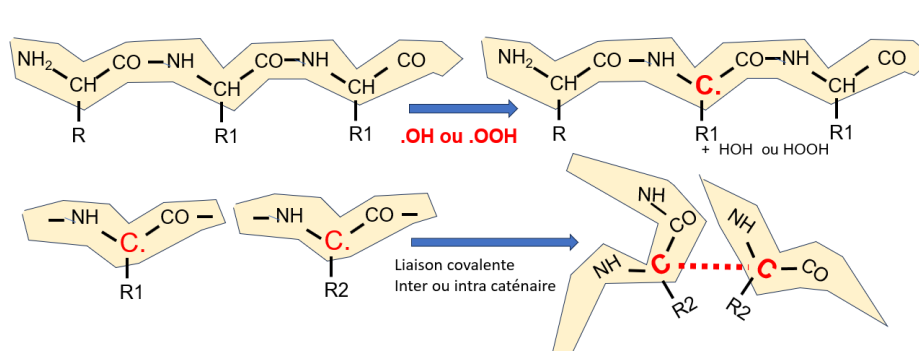
- **Enzymes:** plus de 2000 décrites, activité catalytique spécifique
- **Hormones:** (insuline, somatotrophine, ...)
- **Protéines contractiles et du mouvement:** (**myosine, actine**, tubuline ,)
- **Protéines de transport** (transferrine, hémoglobine, myoglobine)
- **Protéines protectrices:** (Anticorps ou immunoglobulines, fibrinogène,...)
- **Protéines d'identification cellulaire**

Toute modification par « oxydation » d'une protéine se traduira par une modification de sa fonctionnalité voire de sa perte.

La **chaîne polypeptidique peut subir les effets de l'oxydation.**

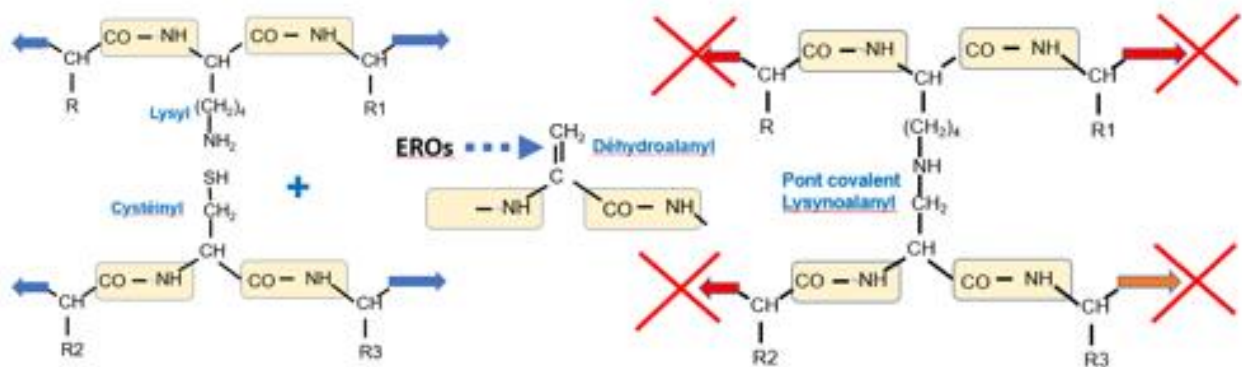
Les radicaux hydroxyle ou hydroperoxyle peuvent avec l'hydrogène du carbone alpha en donnant naissance à un radical libre sur le carbone α .

En absence d'oxygène, deux radicaux présents sur le carbone α peuvent réagir ensemble pour former des **liaisons croisées intra ou intercaténares**.

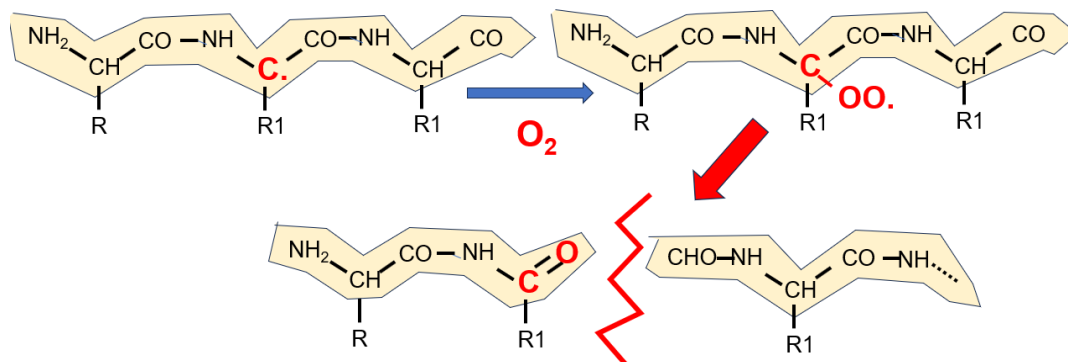


Il est d'évidence que de telles modifications de structure de la protéine lui font perdre ses propriétés initiales. Au niveau des tissus conjonctifs, du collagène, de l'élastine, la rigidification engendrée est à l'origine de la formation des rides et de la perte de souplesse.

Il existe d'autres réactions complexes qui aboutissent à la formation de ponts covalents inter-caténaires.



En présence d'oxygène, une réaction d'addition a lieu pour former un radical peroxy. Après une série de réactions complexes, une fragmentation de la chaîne polypeptidique peut se produire (cf le mécanisme identique pour les lipides).

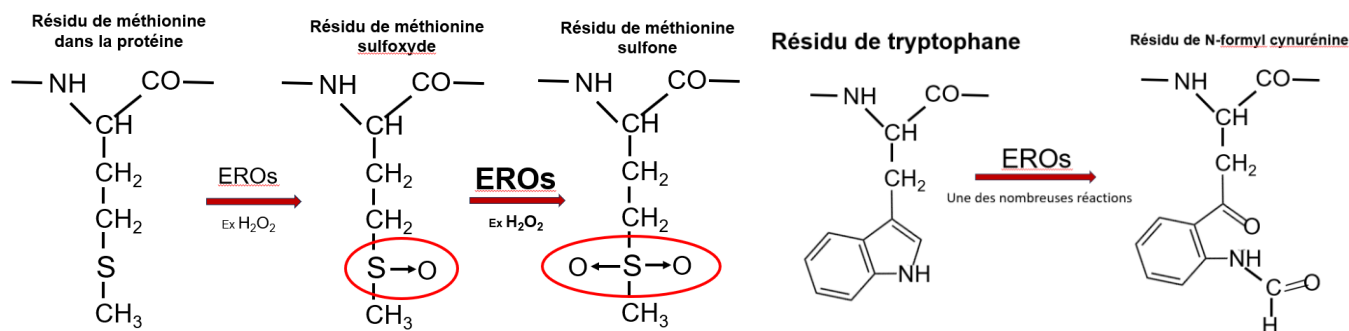


Ces modifications sont irréversibles et ce sont elles qui sont à l'origine du vieillissement.

Les autres cibles majeures des EROs dans les protéines sont les chaînes latérales des acides aminés.

D'abord ce sont les acides aminés soufrés (cystéine, méthionine) qui subissent les effets des oxydations. A un degré moindre, les acides aminés basiques (arginine, histidine, lysine) et aromatiques (phénylalanine, tyrosine, **tryptophane**) sont également affectés (J-L. Cuq 1981)

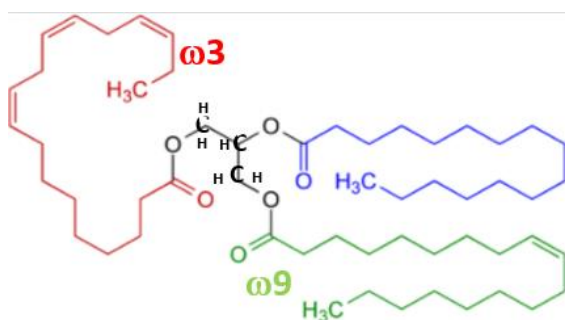
La **cystéine** s'oxyde en dérivés sulfinique –S-OH, sulfénique-SO₂H et sulfonique SO₃H, la méthionine en dérivés sulfoxyde -SO-CH₃ et sulfone –SO₂-CH₃



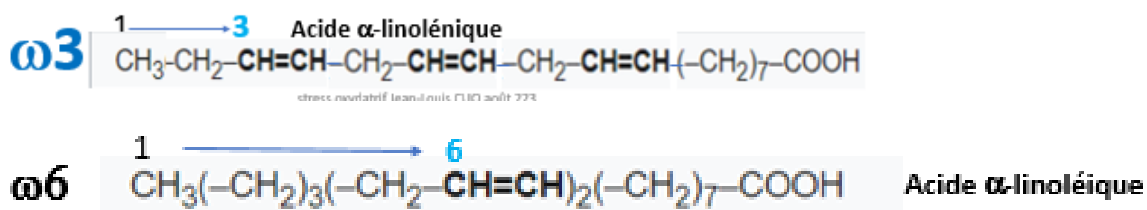
IV-2 Les lipides. Lipides insaturés.

Ils constituent un groupe complexe : triglycérides, phosphogycérides, lysophospholipides, sphingolipides, séroïdes, glycolipides,...

Exemple : triglycéride constitué d'une molécule de glycérol estérifié par l'acide palmitique (en bleu), l'acide oléique (en vert) et l'acide α -linoléique (en rouge).



Les acides gras poly-insaturés sont les plus réactifs aux EROs.



Ce sont donc ces **acides gras polyinsaturés**, comme l'acide linoléique ($\omega 6$), l'acide linoléique ($\omega 3$), et l'acide arachidonique, présents notamment dans les membranes plasmiques, qui sont des cibles majeures de l'attaque radicalaire.

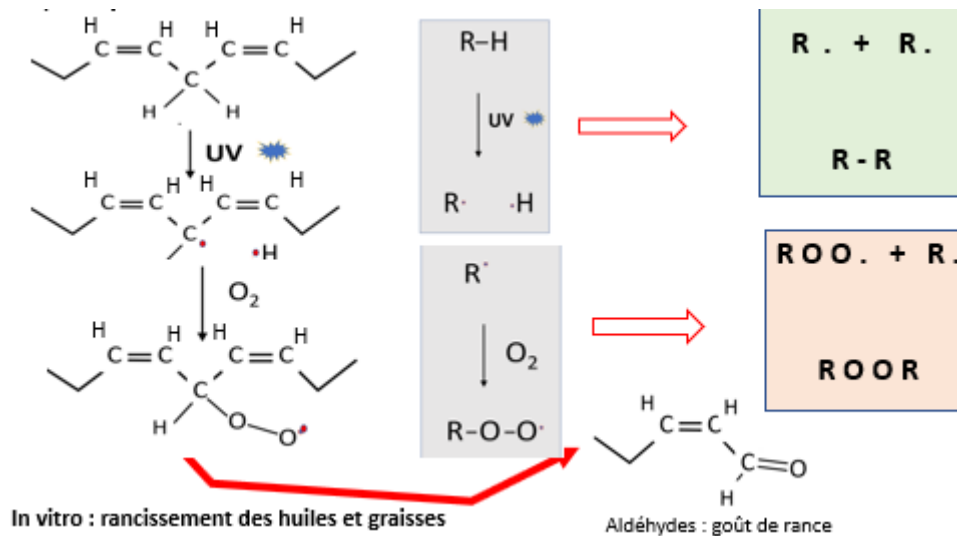
Les membranes des cellules sont particulièrement riches en acides gras polyinsaturés (30 à 50 %) constitutifs des phospholipides, des sphingolipides, des cardiolipides. La lipoperoxydation de ces lipides membranaires va altérer leur fonctionnalité (modification de leur perméabilité, de leur fluidité, perte d'activité d'enzymes, de récepteurs...).

L'oxydation des cardiolipides de la mitochondrie induit l'apoptose des cellules.

Les lipoprotéines telles que les LDL, riches en cholestérol et en phospholipides sont également des cibles privilégiées de la peroxydation lipidique. Les LDL oxydées sont fortement incriminées dans l'athérogenèse.

De nombreuses autres pathologies sont associées à la peroxydation des lipides.

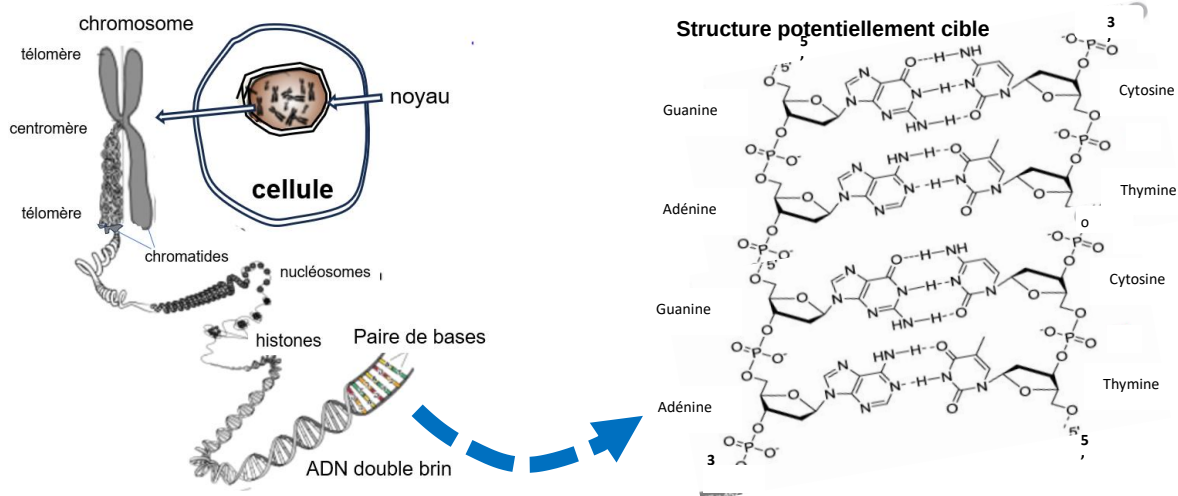
La peroxydation des lipides insaturés sous l'effet des UV en présence d'oxygène se traduit par l'apparition de radicaux libres très réactifs. *In vitro* cela induit le rancissement des huiles et graisses contenant des acides gras insaturés.



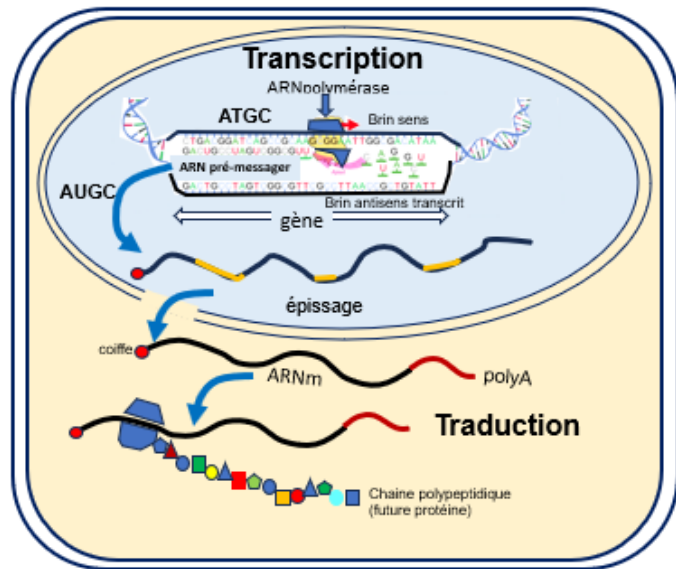
L'oxydation des lipides par les EROs, qualifiée de peroxydation lipidique, génère la formation de très nombreux produits primaires (hydroperoxydes HOOH) et secondaires (aldéhydes R-CHO) très réactifs.

IV-3 Les acides nucléiques

D'une façon très simpliste, il s'agit là de molécules de structure complexe qui, à partir d'une information codée portée par les ADN, conduit à la synthèse de protéines.



Ce schéma permet de visualiser les réactions biochimiques qui conduisent depuis l'ADN à la synthèse des protéines.



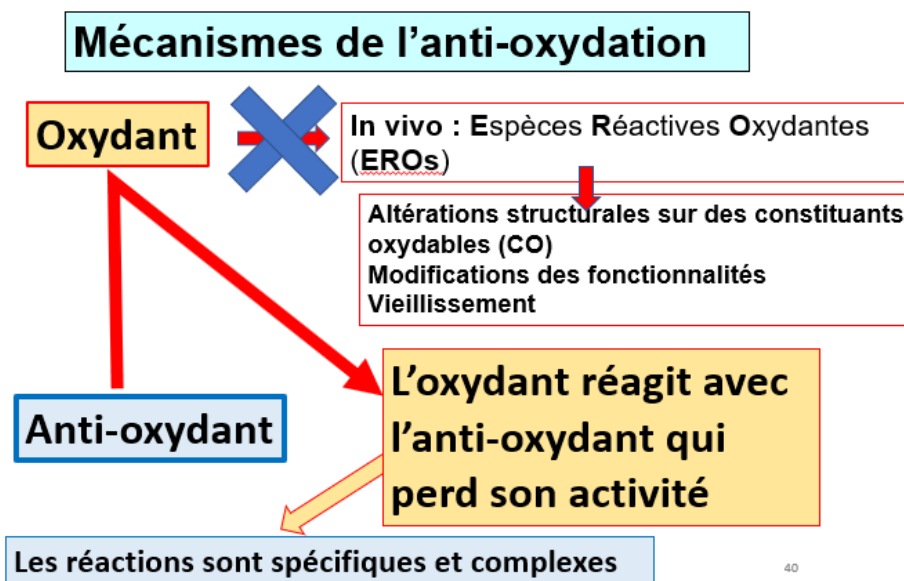
Toutes modifications par les EROs des composants de ces macromolécules induira des dysfonctionnements dans la synthèse des protéines mais aussi dans les phénomènes de mitose et de méiose (cancer).

V - L'anti-oxydation

Un anti-oxydant est une molécule « réductrice » qui diminue ou empêche l'oxydation d'autres substances chimiques (en s'oxydant à la place de...).

Ces molécules donnent facilement leurs électrons à des oxydants empêchant ces derniers d'arracher des électrons à des composants fonctionnels du vivant qui sont ainsi protégés.

Certains anti-oxydants sont aptes à inactiver les radicaux libres (thiols, phénols).

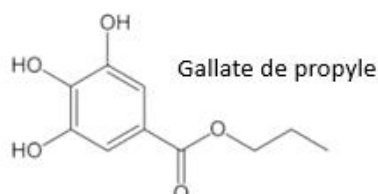


Leur rôle est essentiel pour limiter les effets délétères des EROs.

Les anti-oxydants sont pour la plupart des molécules complexes comportant des noyaux phénoliques, des doubles liaisons, des fonctions thiols.

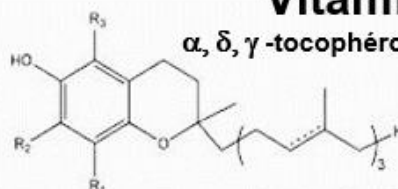
Les anti-oxydants, dont certaines molécules issues de synthèses chimiques, sont très utilisés par l'industrie comme conservateurs (pour les produits alimentaires ils sont Inhibiteurs du brunissement enzymatique, de l'oxydation de lipides).

Anti-oxydants conservateurs alimentaires



Vitamine E

α , δ , γ -tocophérol (E 307, 308, 309)



α -tocopherol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

α -tocotrienol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{CH}_3$

β -tocopherol, $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$, $R_2 = \text{H}$

β -tocotrienol, $R_1 = R_3 = \text{CH}_3$, $R_2 = \text{H}$

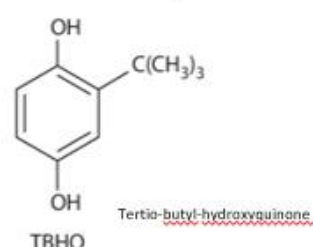
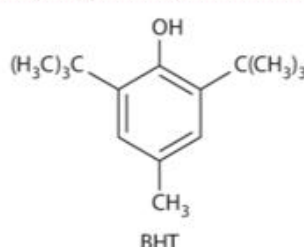
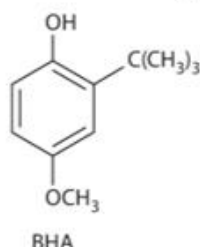
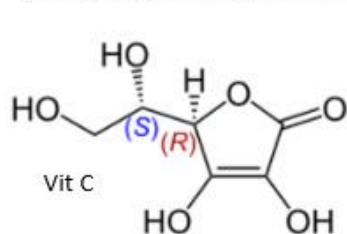
γ -tocopherol, $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$, $R_3 = \text{H}$

γ -tocotrienol, $R_1 = R_2 = \text{CH}_3$, $R_3 = \text{H}$

δ -tocopherol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$

δ -tocotrienol, $R_1 = R_2 = R_3 = \text{H}$

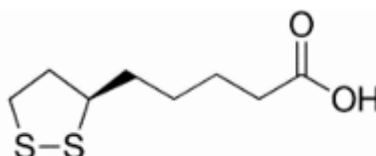
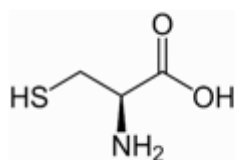
Acide L-ascorbique (E 300) et dérivés, gallate de propyle (octyle...), Butylhydroxyanisole (BHA E 320), Butylhydroxytoluène (BHT E 321)



V-1 Les antioxydants endogènes

Pour atteindre une bonne efficacité, les **anti-oxydants endogènes** présents dans nos cellules doivent être systématiquement associés à des **anti-oxydants externes** apportés par notre alimentation et qui sont pour la plupart d'origine végétale..

Notre organisme est capable de produire, à partir de l'acide aminé cystéine, un antioxydant puissant, l'acide α -lipoïque



Une déficience ou une absence de production d'**enzymes anti-oxydantes** (*catalase*, *peroxydase*, *super-oxyde dismutase*) entraîne une accumulation d'EROs qui dégradent nos cellules : c'est le **stress oxydatif** dommageable ou destructeur.

Cette déficience est mise en cause dans la pathogénèse de nombreuses maladies humaines.

V-2 Les anti-oxydants et nos aliments

Les plantes et les animaux utilisent et produisent de nombreux anti-oxydants pour se protéger, tels le **glutathion**, l'**acide ascorbique**, la **vitamine E** et d'autres **composés ou des enzymes** (catalase, peroxydase, super-oxyde dismutase).

En nutrition humaine une grande partie des anti-oxydants provient des **végétaux et plus particulièrement des fruits et des légumes**. Les anti-oxydants des aliments sont importants pour freiner le vieillissement et limiter le risque de nombreuses maladies.

Les anti-oxydants d'origine végétale sont nombreux.

Les pigments :

β -carotène (provitamines A),

lycopène

flavonoïdes (rouge, jaune violet)

anthocyanes (fruits rouges)

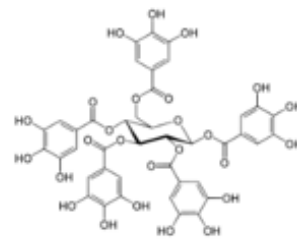
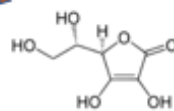
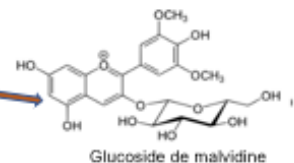
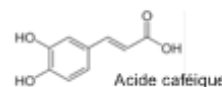
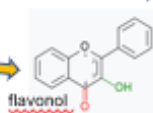
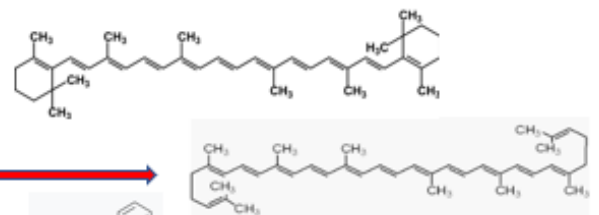
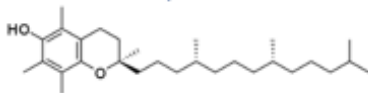
Les polyphénols acide caféique, acide chlorogénique

Les Tanins (cacao, café, thé, raisin...)

Les vitamines

acide ascorbique (vit C)

α tocophérol (vit E)



50

La vitamine E, est considérée comme anti-oxydant « anti-âge ». Elle contribue à la régénération des cellules en préservant leurs membranes. Elle est présente dans les huiles végétales (huile de colza (canola), de tournesol, de germe de blé, ...), les fruits oléagineux (noix, noisettes, amandes...) et dans les céréales complètes et les légumes à feuilles vertes comme les épinards, la mâche, etc.

Le bêta-carotène contribue aussi à la longévité ; c'est un pigment rouge caractéristique de fruits et légumes colorés (myrtilles, framboises, fraises, mûres, raisin noir) ainsi que chez le melon, la papaye, la mangue, les choux, carottes, poivron rouge...

Le lycopène de la tomate et de la pastèque est un bon anti-oxydant.

Zinc et sélénium sont « à la mode » Le zinc est présent dans les fruits de mer et la viande... et le sélénium dans les produits laitiers, les poissons, les fruits oléagineux (noix, noisettes...).

Très en vogue également, les fameux **oméga-3**, acides gras polyinsaturés, protecteurs des membranes des cellules. Ils sont présents dans certaines huiles végétales comme l'huile de colza (canola) mais aussi dans les noix et noisettes et les poissons gras.

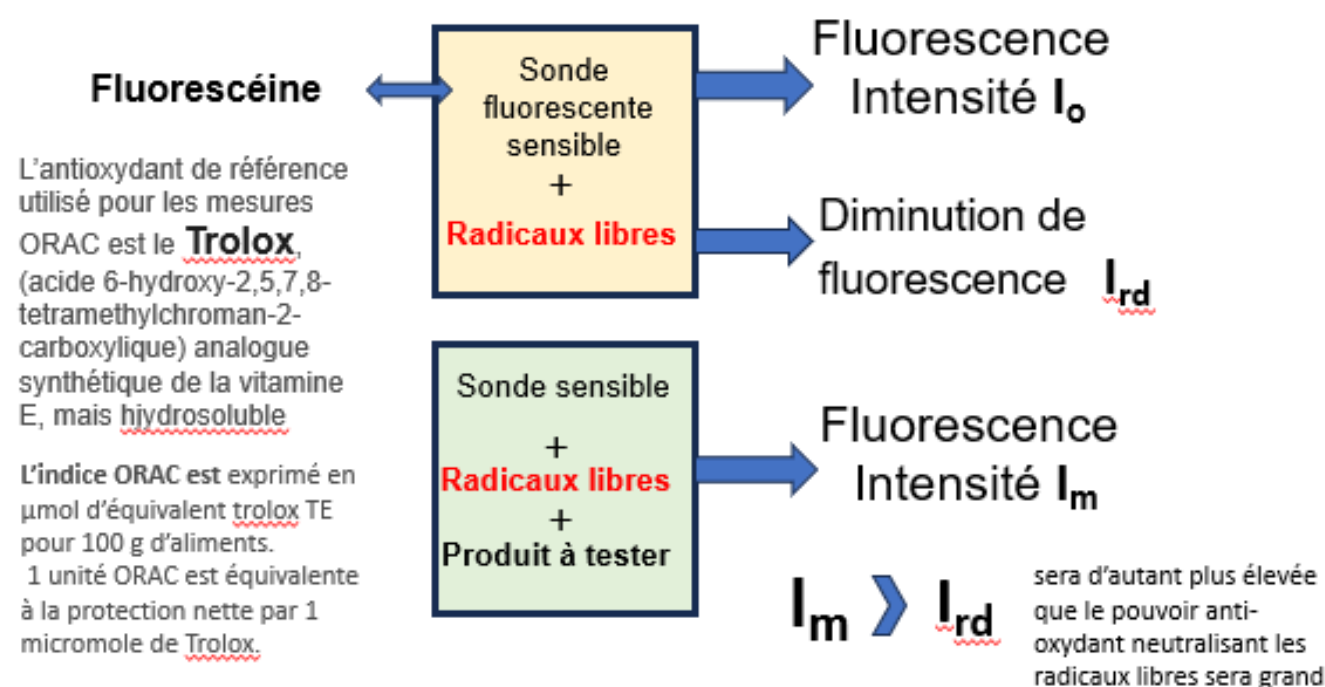
Les **polyphénols** (flavonoïdes, tanins, anthocyanes...), contenus essentiellement dans le raisin et dans le vin, la fraise, le litchi, le cacao, le chocolat noir et dans le thé.

V-3 L'indice ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity)

Il s'agit d'un indice qui permet de mesurer le pouvoir anti-oxydant d'un aliment.

Principe : une sonde sensible aux oxydations par des radicaux libres émet de la fluorescence. En présence de radicaux libres l'intensité émise diminue par inactivation. L'addition d'un anti-oxydant neutralise les radicaux libres d'autant plus efficacement que son pouvoir anti-oxydant est élevé. L'inactivation de la sonde est alors moins importante et la fluorescence augmente. Une neutralisation complète permet de mesurer une intensité égale à celle obtenue sans la présence des radicaux libres.

Sur la figure ci-après est schématisé ce dispositif de mesure.



Ce sont les végétaux qui ont l'indice ORAC est le plus élevé.

Le tableau ci-après donne l'indice ORAC de quelques fruits, légumes et épices.

ORAC = Oxygen Radical Absorbance Capacity d'aliments végétaux

Capacité d'Absorption des Radicaux dérivés de l'Oxygène

Aliment	Indice ORAC /100 g	consommation n (g)	Indice ORAC /consommation	Aliment	Indice ORAC /100 g	consommation (g)	Indice ORAC /consommation n
clou de girofle	300 000	2	6 000	amandes	4 500	10	450
origan	200 000	2	4 000	pommes	4 000	150	6 000
cannelle	130 000	2	2 600	fraises	3 600	50	1 800
curcuma	130 000	2	2 600	figues	3 400	100	3 400
baie d'açaï	103 000	15	15 450	myrtille	2 500	25	625
persil sec	75 000	2	1 500	brocolis	2100	200	4 200
cacao poudre	56 000	15	8 400	orange	2 100	200	4 200
sauge	35 000	2	700	pêche	2 000	150	3 000
baie de goji	30 500	10	3 050	radis	1 800	20	360
poivre gris	30 000	0,5	150	épinard	1 500	200	3 000
thym	30 000	2	600	mangue	1 500	150	2 250
maqui	28 000	10	2 800	citron pulpe	1400	75	1 050
argousier	22 000	10	2 200	raisin rouge	1 400	75	1 050
chocolat noir	21 000	30	6 300	kiwi	1 200	100	1 200
fruit baobab	20 000	10	2 000	abricots	1 000	100	1 000
grenade	12 000	100	12 000	poivron	1 000	150	1 500
noisette	10 000	15	1 500	prune	1 000	30	200
artichaut cuit	9 500	80	7 600	banane	800	100	800
pistache	8 000	10	800	carotte	800	150	1 200
pruneaux	7 000	25	1 750	raisin noir	800	75	600
ail	6 000	5	300	cerise	700	100	700
prunes	6 000	50	3 000	pamplemousse	500	100	500
framboises	5 000	25	1 250	tomate	500	150	750
mûres	5 000	30	1 500	huile d'olive	400	20	80
				melon	300	100	300

stress oxydatif Jean-Louis Chazotte 2023

Quelques légumes riches en anti-oxydants

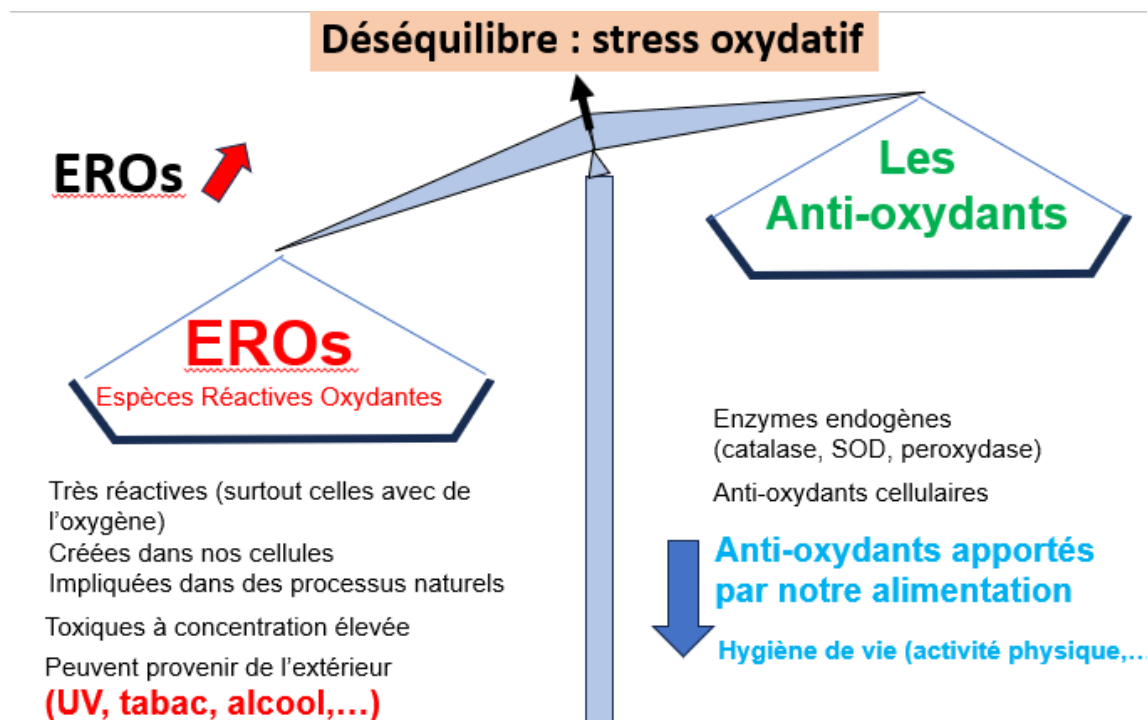
L'avocat, le cresson, l'artichaut, l'ail, le chou vert, l'épinard, l'asperge, le chou de Bruxelles, le germe de luzerne, le brocoli, la betterave, le poivron rouge sont les légumes ayant de fortes concentrations d'anti-oxydants. Les épices comme le clou de girofle et la cannelle ainsi que certaines herbes comme l'origan et le persil possèdent de indices très élevés mais les quantités consommées sont minimales et leurs effets dérisoires.

On attribue le caractère anti-oxydant de ces aliments à leur teneur élevée en **vitamine C**, aux **caroténoïdes** (lycopènes), aux **flavonoïdes**, aux **composés phénoliques**, au **resvératrol (raisin)**,.....

Lors de la cuisson, certains anti-oxydants tels que la vitamine C sont partiellement inactivés, alors que d'autres se transforment pour devenir plus actifs ou plus facilement absorbables par le système digestif. C'est le cas du lycopène de la tomate. En effet, la cuisson de la tomate augmente la quantité de lycopène biodisponible, la chaleur le libérant des cellules de la tomate. Ainsi, il y a environ quatre fois plus de lycopène biodisponible dans la sauce tomate que dans la tomate fraîche.

VI - Le stress oxydatif & Le vieillissement

Un excès d'EROs par rapport aux capacités anti-oxydantes de l'organismes se traduira par le « stress oxydant » impliqué dans l'étiologie de plus de 200 pathologies.



Ainsi, il faut d'abord prendre en considération la production *in vivo* des espèces réactives oxydantes (oxygénées). Liée aux phénomènes respiratoires essentiels, il faut néanmoins éviter de dépasser les limites de nos besoins en « combustion / oxydation » par des excès en apport de combustible (sucre surtout). Il faut donc veiller à **ne pas surconsommer**.

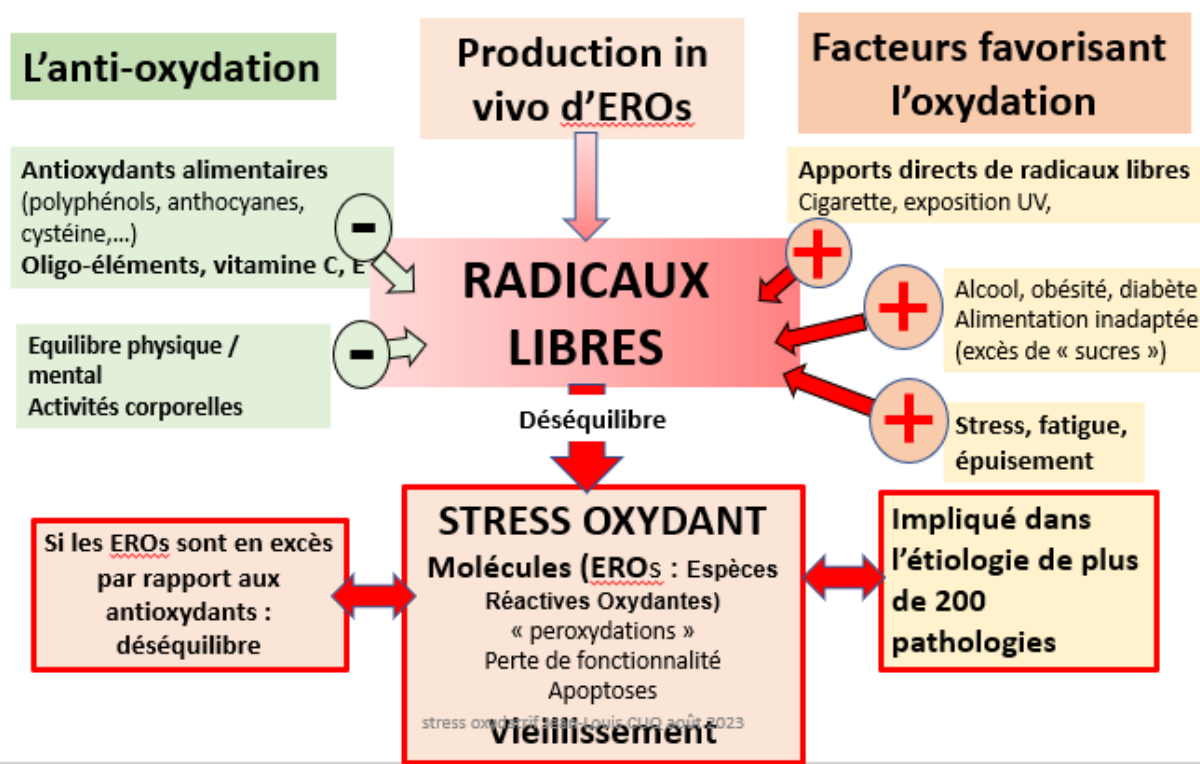
La formation des EROs et radicaux libres est considérablement **augmentée** par le mode de vie : **cigarette, alcool, exposition aux UV, alimentation inadaptée (excès de sucre), stress, fatigue, épuisement...**

En présence de ces EROs en excès, le stress oxydatif généré se traduit par la perte de fonctionnalité de nombreuses structures et organes. Il est une origine majeure du **vieillessement**.

C'est par tout un ensemble de démarches qu'il est alors possible de minimiser ce stress pour aboutir à un équilibre de vie saine d'abord par une alimentation riche en antioxydants et ensuite en recherchant un bon équilibre physique et mental en évitant la cigarette, l'alcool et les excès alimentaires.

Il est possible de synthétiser les mécanismes aboutissant à ce stress (schéma suivant).

Régulation de l'oxydation: équilibre de vie



VII - Conclusion.

Comment maîtriser les oxydations et limiter le stress oxydatif ?

Par une démarche personnelle, il convient d'optimiser son indice ORAC entre 3 000 et 5 000. Notre alimentation quotidienne « classique » apporte au maximum 2 000 unités ORAC (**Oxygen Radical Absorbance Capacity**). Il est alors recommandé, pour diminuer les phénomènes liés au stress oxydant, de consommer quotidiennement des produits qui permettront d'atteindre 3 000 unités ORAC au moins. Les valeurs de indices ORAC étant connues il est possible, en fonction de ses propres goûts, de composer une alimentation quotidienne adéquate. Votre assiette, à condition que vous mangiez « varié », contient forcément des anti-oxydants, mais souvent à concentration insuffisante.

Pour préserver votre **capital jeunesse**, n'hésitez pas, mettez des anti-oxydants au menu. Il faut commencer à faire le plein d'anti-oxydants dès le réveil. Boire un grand verre d'une orange pressée ou un duo 1 orange-1 citron. Complétez par une coupelle de fruits rouges au déjeuner et quelques pruneaux au dîner.

Pour bien vieillir : une alimentation anti-oxydante et agréable permettra de préserver votre capital santé. L'association alimentation / activités physiques et mentales est très recommandée. Avec l'âge, des aliments riches en « gras », en sucre, en sel, en alcool « vin, bières, alcools forts » sont bien sûr à réduire

VII - Références.

1. Delattre J, Beaudeau JL, Bonnefont-Rousselot D. Radicaux libres et stress oxydant. Aspects biologiques et pathologiques. Cachan : Lavoisier, 2005.
2. Halliwell B, Gutteridge JMC. Free radicals in biology and medicine, 2e ed.. Oxford, UK : Clarendon, 1989.
3. Harman D. Aging: a theory based on free radical and radiation chemistry. J Gerontol 1956 ; 11 : 298-300.
4. Carrière A, Galinier A, Fernandez Y, *et al.* Les espèces actives de l'oxygène : le yin et le yang de la mitochondrie. Med Sci (Paris) 2006 ; 22 : 47-53.
5. Davies KJ. Protein damage and degradation by oxygen radicals. I. General aspects. J Biol Chem 1987 ; 262 : 9895-9901.
6. Berlett BS, Stadtman ER. Protein oxidation in aging, disease, and oxidative stress. J Biol Chem 1997 ; 33 : 20313-20316.
7. Levine RL. Carbonyl modified proteins in cellular regulation, aging, and disease. Free Radic Biol Med 2002 ; 32 : 790-796.
8. Murphy RC. Free radical-induced oxidation of glycerophosphocholine lipids and formation of biologically active products. Adv Exp Med Biol 1996 ; 416 : 51-58.
9. Sundaresan M, Yu ZX, Ferrans VJ, *et al.* Requirement for generation of H₂O₂ for platelet-derived growth factor signal transduction. Science 1995 ; 270 : 296-299
10. Huang D, Ou B, Prior RL. The Chemistry behind Antioxidant Capacity Assays. J. Agric. Food Chem. 2005, 53, 1841–1856.
11. Cao G, Alessio HM, Cutler RG. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. Free Radic Biol Med. 1993 Mar;14(3):303-11.
12. Zulueta A, Esteve MJ, Frígola A. ORAC and TEAC assays comparison to measure the antioxidant capacity of food products. Food Chemistry 114 (2009):310–316.
13. Cuq J-L, Modifications d'acides aminés sous l'influence de traitements technologiques oxydants. Thèse de Doctorat d'Etat, Université Montpellier 2, 1981