

# Séminaire 3: Composés nutraceutiques et aliments fonctionnels

7 mars 2023 (Mise à jour: août 2023)

Monique Lacroix

Professeur titulaire

INRS Armand-Frappier Santé  
Biotechnologie

Directrice

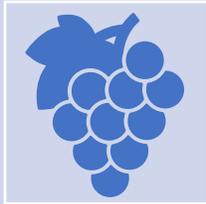
Laboratoires de Recherche en  
Sciences, Appliquées à l'Alimentation

Centre d'Irradiation du Canada



# Qu'est-ce qu'un aliment fonctionnel?

---



**Un aliment ou un ingrédient isolé d'un aliment qui peut avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine**



**Un marché représentant plus de \$86 milliards aux USA et ce marché est en croissance de 7.5% par année**

# *Qu'est-ce qu'un produit nutraceutique ?*

---

**Produit fabriqué à partir d'un  
aliment  
vendu sous forme  
de pilules, de poudres ou  
sous d'autres formes médicinales**



# Les Pionniers

---

- **1996- Campbell Soup: Intelligent Cuisine home-delivered**
- **1997- Kellogg's: All Bran ®**  
**Importance de la consommation des fibres pour la prévention du cancer de l'intestin.**
- **1997- Quaker Oats: Fibres solubles et réduction des maladies coronariennes.**
- **1997-Japon: Food for Specified Health Use (FOSHU)**

# Implications des industries non alimentaire



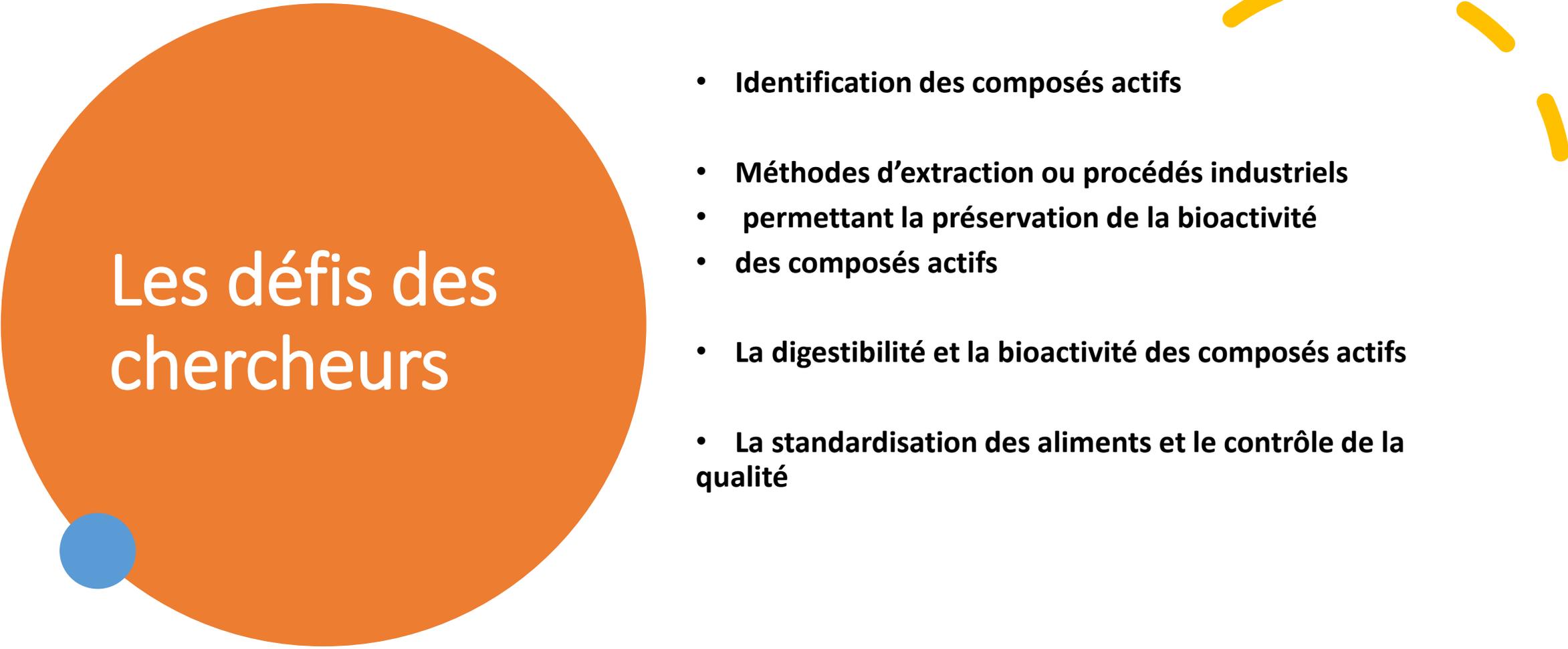
**Johnson & Johnson's Mc Neil Consumer Products**

**margarine Benecol**



**DuPont**

**Protéines de soya isolées**



# Les défis des chercheurs

- **Identification des composés actifs**
- **Méthodes d'extraction ou procédés industriels**
  - **permettant la préservation de la bioactivité**
  - **des composés actifs**
- **La digestibilité et la bioactivité des composés actifs**
- **La standardisation des aliments et le contrôle de la qualité**

# L'Avoine

- Contenu en  $\beta$ -glucan: 1.8 – 6 %
- Sucre complexe ayant un poids moléculaire de  $1 \times 10^6$  kDa.

## Rôle

- 8 grammes en  $\beta$ -glucan peuvent réduire le niveau de, glucose sanguin de 33% et la réponse à l'insuline de 40%:  
*Diabetes Care, 1996, 19: 831-34.*
- Une ingestion journalière de 140 grammes d'avoine peut réduire de 11-20% le contenu en cholestérol sanguin :  
*Lancet, 1963, 2: 303-04; Critical review in Food Science and Nutrition 1990, 29: 95-147; Am.J. Clin. Nutr. 1991, 54: 678-83.*

## *Mode d'action*

- **Augmentation de la viscosité et du temps de transit intestinal**
- **Réduction du taux d'absorption des nutriments**
- **Fermentation de la  $\beta$ -glucan produisant des métabolites qui empêchent la synthèse de cholestérol**
- **Réduction du niveau d'excrétion de l'insuline**
- **Réduction de l'activité des lipases digestives**

## *En résumé*

- *Le  $\beta$ -glucan peut réduire le niveau de cholestérol sanguin et réduire les risques de maladies cardio-vasculaires.*
- *La relation structure - fonction et ses activités biologiques sont encore mal comprises.*

## *Le Blé*

- **Régularité: Le type de fibre, grosseurs des particules, la digestibilité, la capacité de fermentation, l'augmentation de la masse fécale.**

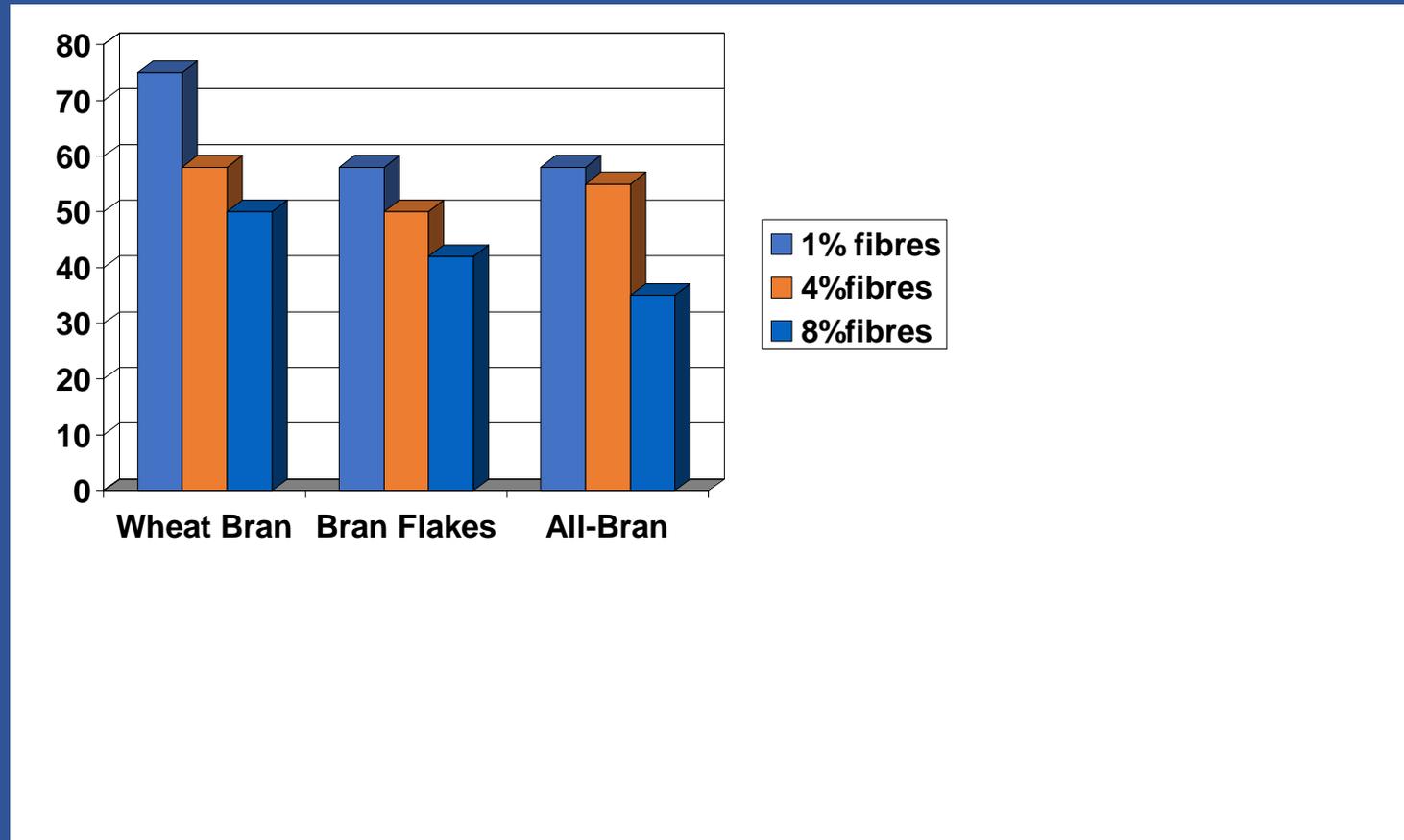
**Capacité de fermentation: 36%**

**Capacité de rétention d'eau: 48%**

# *Effet protecteur contre le cancer du colon*

- **Réduction du nombre de polypes après ingestion de 11 grammes /jour de fibres de blé pendant 4 ans.**
- **Combinaison d'une diète faible en gras et riche en fibres réduit significativement la croissance de tumeurs.**
- *MacLennan et al., J.Natl.Cancer Inst.87:1760-66*
- *De Cosse et al., 1989, J. Natl. Cancer Inst. 81,17:1290-97*
- *Greenwald et al., 1987, J.am.Diet. Ass. 87: 1178-88.*

## *Son de blé et incidence du nombre de tumeurs du colon (%)*



®

*Alabaster et al., 1997. Food and Chemical Toxicology 35, 5,:517-522.*

# *Mécanisme d'action*

**Réduction du temps de contact avec l'acide biliaire**

**Rôle protecteur de l'acide butyrique et d'acides gras à courtes chaînes produits par fermentation**

**Réduction de l'activité enzymatique de la flore microbienne intestinale**

# *Les acides gras Oméga*

## *Oméga-3*

*le poisson, les noix, la graine de lin, colza, olive, chanvre, chia,  
1 c. thé de graine de lin réponds au besoin journalier.*

## *Oméga-6*

*Huiles végétales telle que le bourrache,  
d'onagre, de tournesol, de sésame, de  
carthame, de soya, de pépins de raisins,  
de maïs*

# *Les acides gras Oméga*

---

## *Les oméga-3*

*Les acides eicosapentanoïque (EPA)*

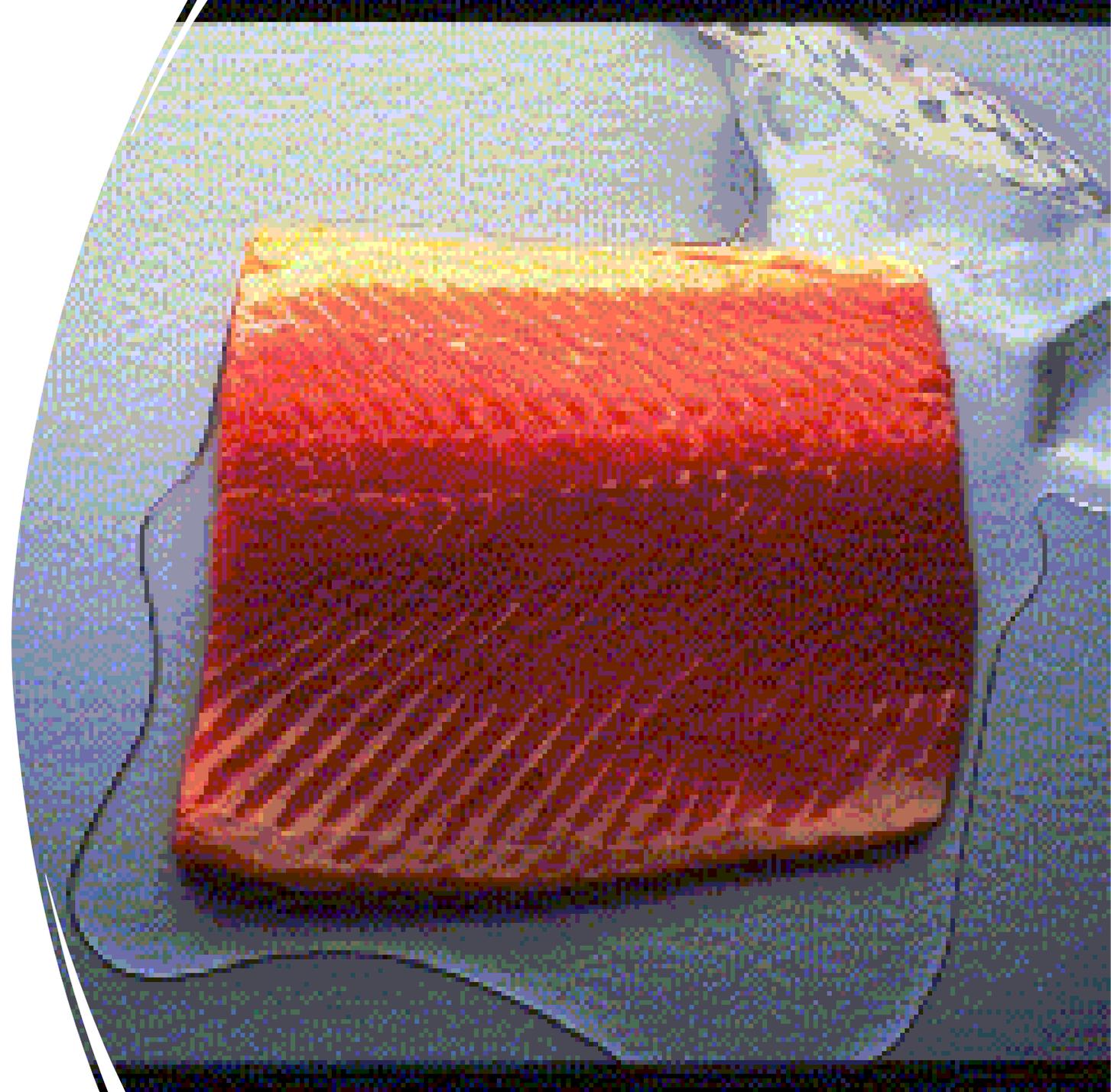
*Les acides docosahexanoïque (DHA)*

- *Les principales sources facilement assimilables*

*Les poissons tels que le saumon et le thon*

*Recommandation canadienne: 1-1.8 g/jour*

*Contenu en oméga-3 dans le saumon : environ 0.8-1.4%*



# *Mode d'action*

---

*Responsables du bon fonctionnement des tissus cérébraux et nerveux, de la production de l'énergie et d'un système immunitaire efficace.*



*Régulation du rythme cardiaque*



*Protection contre la formation de plaques dans les artères*



*assurent l'alimentation d'une peau sèche, et*



*produisent un groupe important d'hormones soit les prostaglandines*

## *Autres rôles des omega-3*

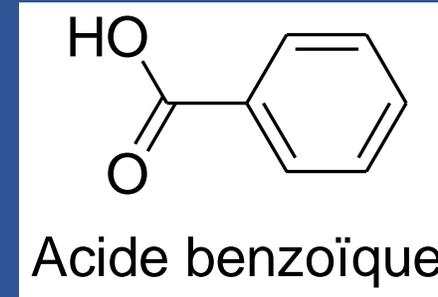
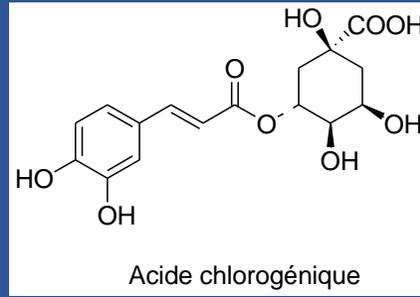
*Anti-  
inflammatoire*

A diagram consisting of two circles and a central arrow. The left circle is blue and contains the text 'Anti-inflammatoire'. A blue arrow points from this circle to a green circle on the right. The green circle contains the text 'Protecteur des cellules du cerveau et de la rétine des yeux'.

*Protecteur des  
cellules du  
cerveau et de  
la rétine des  
yeux*

# Les Polyphénols

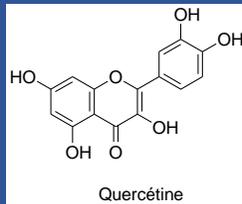
Acides aminés  
aromatiques



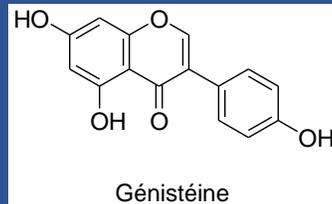
Acide cinnamique

Flavonoïdes

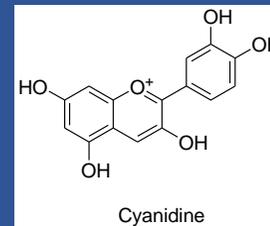
Flavonols



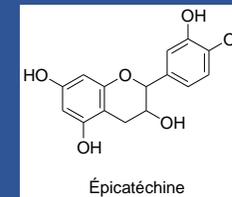
Isoflavones



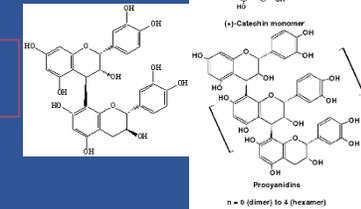
Anthocyanes



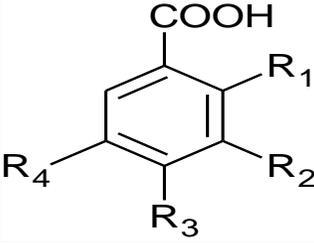
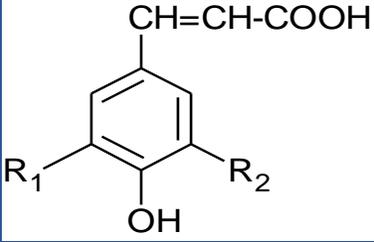
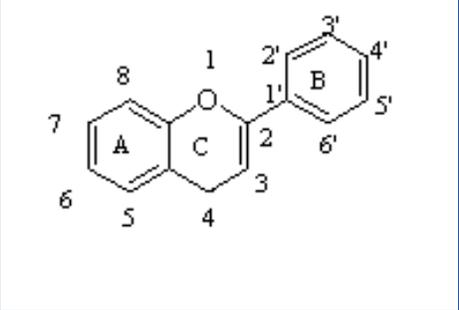
Flavanoïdes



Tannins



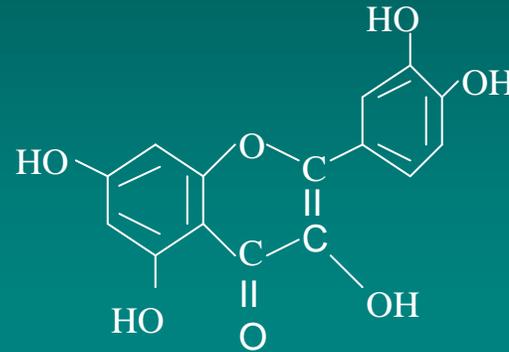
# Composés Phenoliques

Groupes	Classification	Structure	Sources
Acides Phénoliques	Acide Hydroxy- benzoïque		raisin, vin, produits de l'érable
	Acide Hydroxy- cinnamique		Tomate, choux, érable
Flavonoïdes	Flavones (ols) Flavanes (ols) Anthocyanes Isoflavonoïdes		Oignons, thé, pommes, broccoli, raisin, légumineuses

## Autres Composés phénoliques alimentaires à fort potentiel antioxydant et leur source (suite)

Flavonols

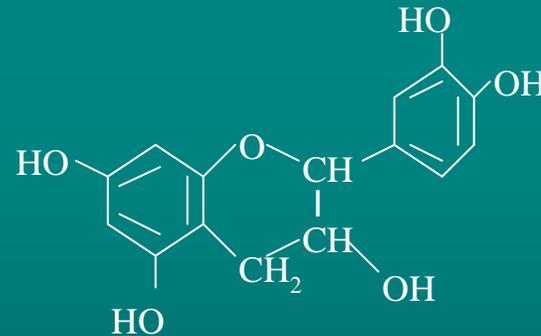
Quercétine



Oignons, thé,  
pommes, brocoli,  
raisins

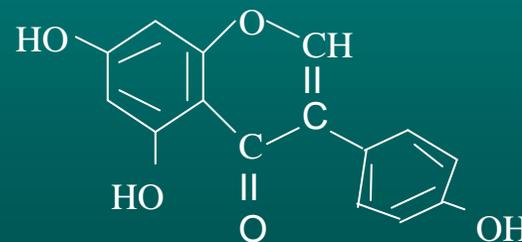
Flavanols

Catéchines



Raisins, vin,  
thé, sève et  
sirop d'érable

Isoflavonoïdes Génistéine



Légumineuses  
(soya)

# *Les polyphénols*

---

**Antioxydant**

**Limitent l'apparition de l'artériosclérose**

**Réduisent le taux de cholestérol sanguin et inhibent l'oxydation des LDL**

**Inhibent certaines enzymes responsables de la prolifération de cellules  
cancéreuses**

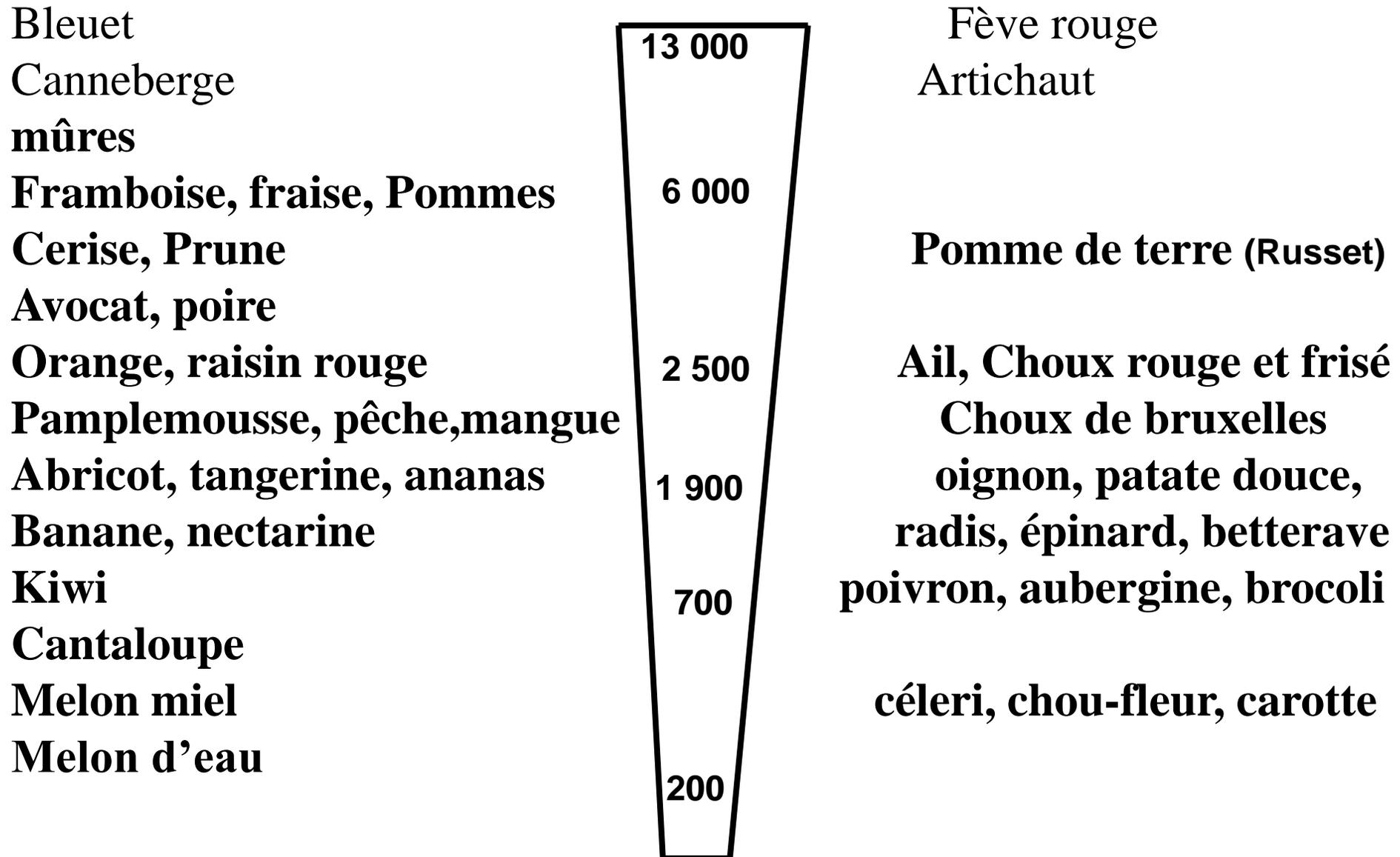
**Lient au collagène des vaisseaux sanguins, améliorant leur résistance et  
favorisant la vasodilatation**

**Protègent les molécules de l'ADN contre l'oxydation et la formation de  
lésions**

**Bloquent la formation de cellules cancérigènes et tuent celles qui sont  
présentes par l'activation d'enzymes clés**

**Antiinflammatoire**

# Fruits et légumes ayant un fort potentiel antioxydant



# Épices et assaisonnement ayant un fort potentiel antioxydant

## Selon nos travaux

---

**Romarin**

**Origan**

**Sauge**

**Gingembre**

**Safran**

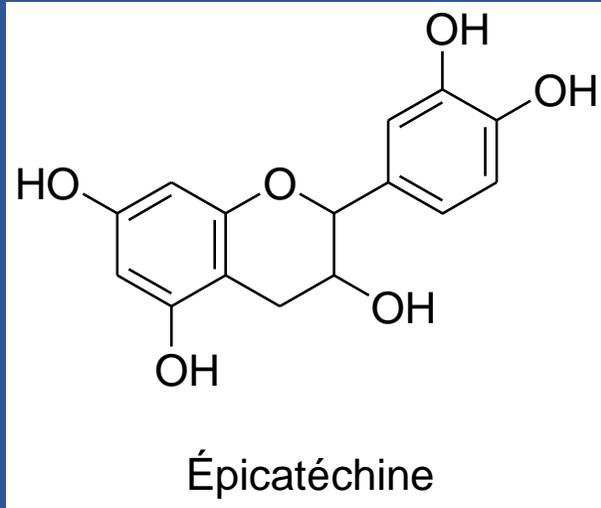
**Cannelle**

**Basilic (moyen)**

**Thym (moyen)**

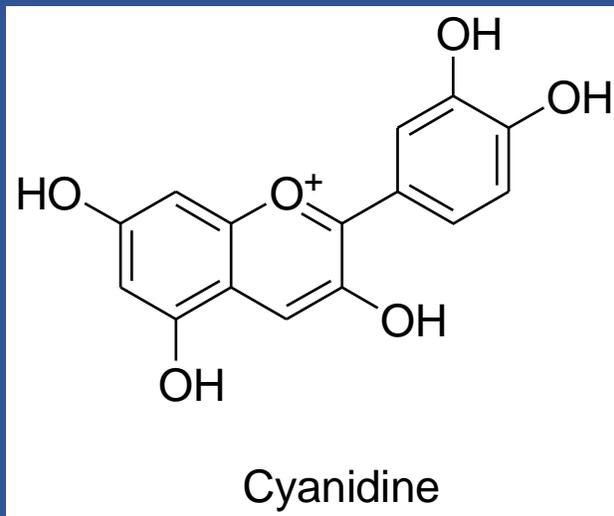
**Caillet, Lacroix et al., 2005,  
Food Chemistry,**

# *Les composés phénoliques du raisin et du vin*



## **Flavonoïdes**

*Rôle de protection contre le développement de cancer et de maladies cardiovasculaires*



## **Anthocyanes**

*Protègent contre les rayons UV  
Augmentent la résistance des  
Vaisseaux sanguins*

# *Contenu en polyphénols totaux*

---

*Raisin rouge*

*900 mg*

*Raisin blanc*

*350 mg*

*Mazza, 1998, Functional Foods, Technomic publishing*

# *Contenu en polyphénols ayant des activités biologiques*

## *Flavonoïdes, Quercetine*

*Jus de raisin rouge: 7 – 9 mg/ml*

*Vin rouge: 4 – 16 mg/ml*

## **Resveratrol**

*Jus de raisin: 0.00001 mg/ml*

*Vin rouge: 0 – 3 mg/ml*

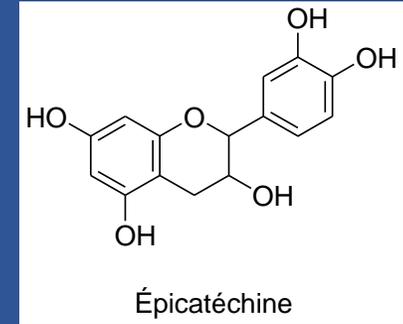
*Peau de raisin: 0.5 – 15 mg/ml*

# *Contenu en Catéchine, Épicatechine, Épigallocatechine dans le vin et raisin*

<b>Type de vin</b>	<b>Acide gallique mg/L</b>	<b>Catéchines mg/L</b>	<b>Antioxydant mM Trolox</b>
<i>Cabernet Sauvignon</i>	<b>3326</b>	<b>805</b>	<b>20</b>
<i>Chianti</i>	<b>2125</b>	<b>496</b>	<b>13</b>
<i>Gewurztraminer</i>	<b>116</b>	<b>11</b>	<b>1</b>



## *Les composés phénoliques du thé*



**Le thé vert contient entre 30 et 130 mg de cette classe de molécules**

**Le thé vert est 5 fois plus antioxydant que le thé noir**

**La quantité de polyphénols varie aussi en fonction de la variété et du traitement**

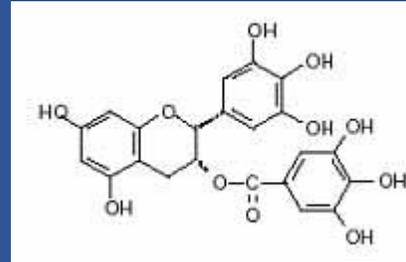
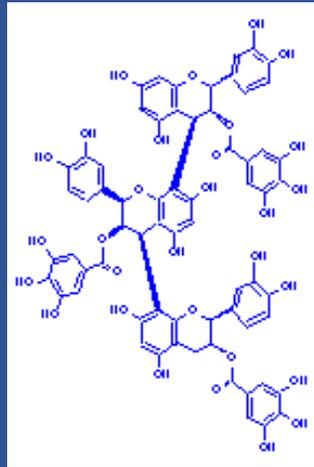
**Absorbé en 2 heures**

**Temps de rétention dans le sang: 14 heures**

# Mode d'action

Epigallocatechin

Gallate

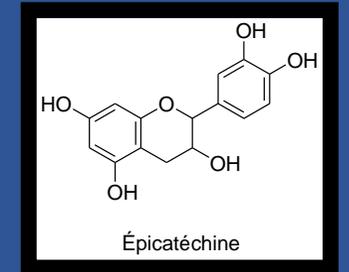


**Active les enzymes de détoxification**

**Inhibe l'oxydation des lipides membranaires**

**Inhibe la prolifération de cellules cancéreuses**

**Inhibe le développement des tumeurs :  
antiangiogénèse**



Béliveau et Gingras, Les aliments et le cancer, 2005, Trécarré; Food Research Int. 2000, 33:449-59;  
Cancer Letters 2001, 162: 149-54

# Contenu en épigallocatechine



## *Thé Japonais*

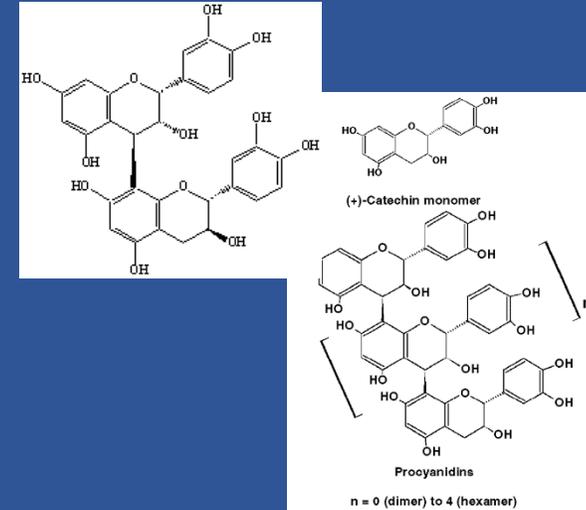
- Sencha-Uchiyama 6%
- Gyokuro 5%
- Sencha 4 – 5%
- Gyokuro 3 - 4%
- Matcha 3%

## *Thé Chinois*

- Pilo Chun Emperor 3%
- Yunnan 2%
- Yuzan 2%
- Paimutan 2%
- Meng Ding 2%
- Meng Ding 2%
- Dong Ding 1%
- Pou Chong 1%
- Tikuan Yin 1%



# Les composés phénoliques du chocolat



*polyphénols totaux*

*Catéchine et épicatechine*

*fève de cacao*      6 – 8 %

*Poudre de cacao*      0.6 - 7 %

*Chocolat noir*      0.8 - 4 %

*Chocolat au lait*      0.5 - 2%

0.03 – 0.3 %

0.05 – 0.2%

0.02 – 0.07%



# Mode d'action des catéchines

- Préviennent l'oxydation des LDL par leur capacité de lier le fer et le cuivre*
- Permettent la vasodilatation des vaisseaux sanguins*
- Régularise la pression sanguine en modulant la concentration en oxyde nitrique dans le sang*
- Préviennent le développement de l'artériosclérose*
- Modulation du système immunitaire*
- Propriétés antimicrobiennes*
- Propriétés anticancer*

# La canneberge



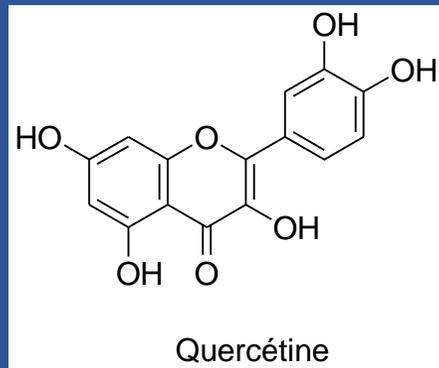
Étude in vivo

21 hommes

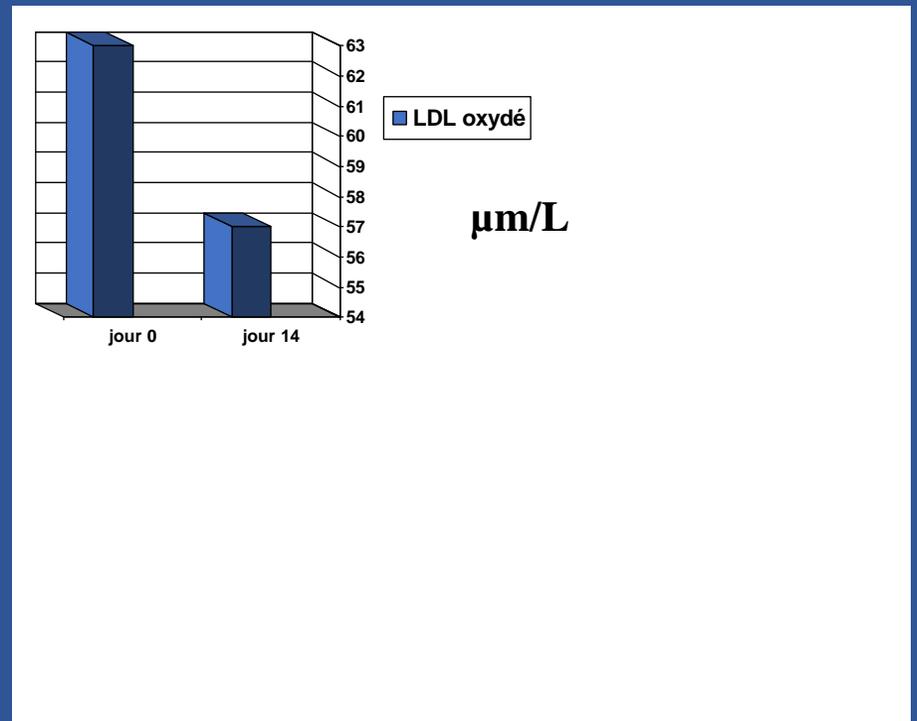
600 mL jus/jour

Pendant 14 jours

Augmentation du niveau de HDL de 8%



Contenu en flavonols  
Plus de 200 mg/kg



# Les composés actifs de l'ail et des oignons

Temps de rétention dans le sang: 33 heures  
Soit 2 fois celui des polyphénols de thé

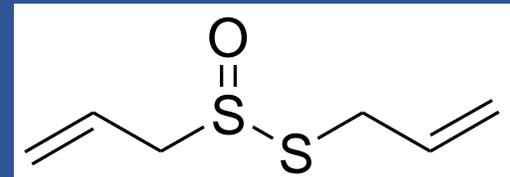
## Mode d'action

- Activation des enzymes de détoxification : Phase II
- Induisent l'apoptose des cellules cancéreuses: caspases
- Protègent le système cardiovasculaire
- Propriétés antioxydantes et antimicrobiennes
- Protègent contre le développement du cancer de l'œsophage, l'estomac, le colon, le cerveau
- Antimutagènes
- Anti-inflammatoire: cytokines pro-inflammatoire: IFN- $\gamma$
- Protègent contre l'artériosclérose
- Antimicrobiens exemple: *E.coli*, *Salmonella*, *S.aureus*, *Pseudomonas*, *Helicobacter pylori*, *Candida*

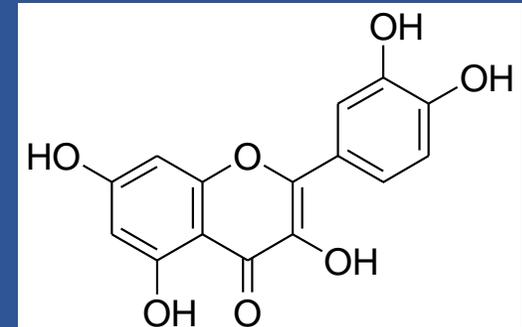
J. Nutr, 2001: 131 (3s) 1032S-1040S; Nat.Prod. Rep. 2005, 22, 351-68

Int. J. Cancer, 1999, 81,1,20-23.; Food Research International 2000, 33, 449-459

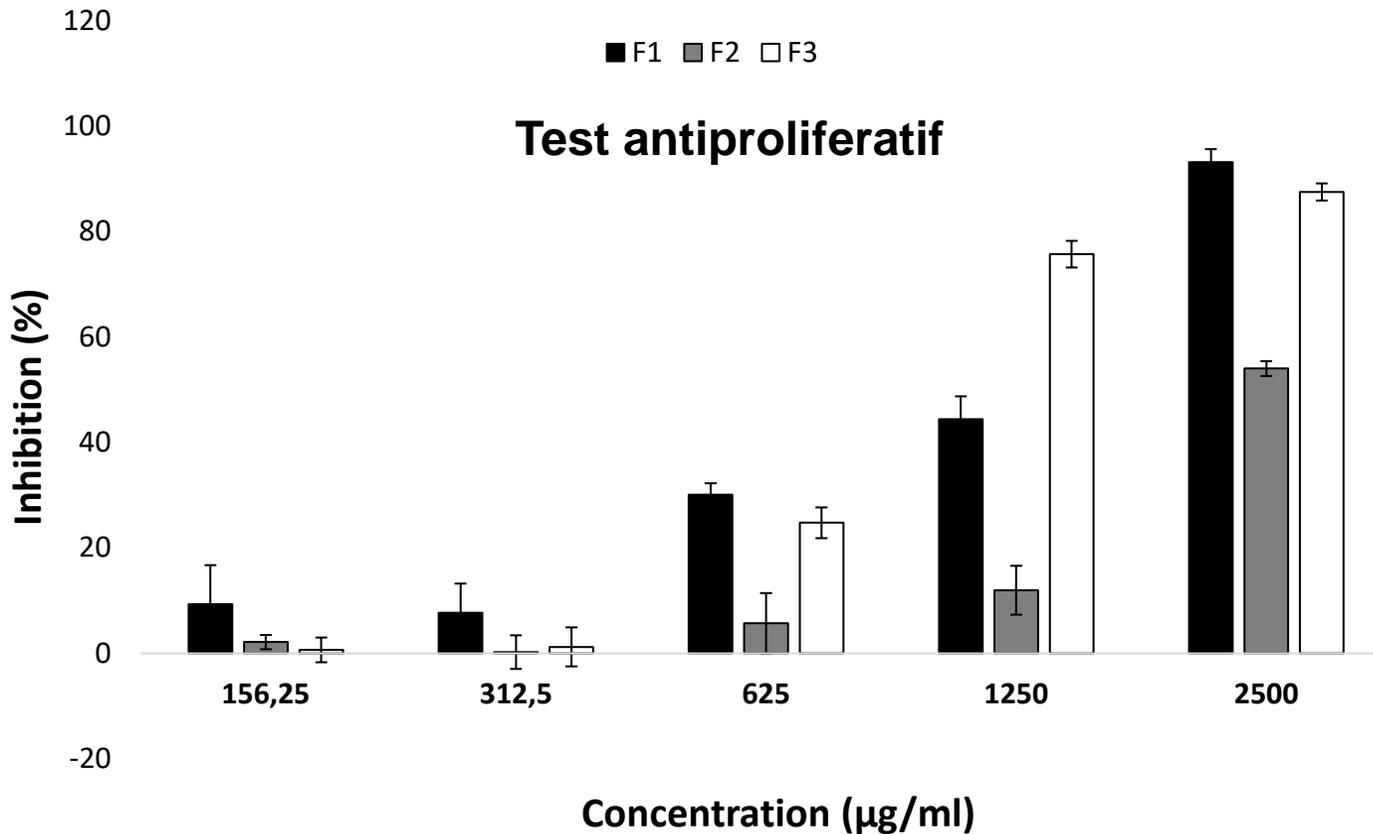
Critical Reviews in Food Sc. And Nutrition 2004, 44:479-88;



Alliicine  
(diallylthiosulfinate)



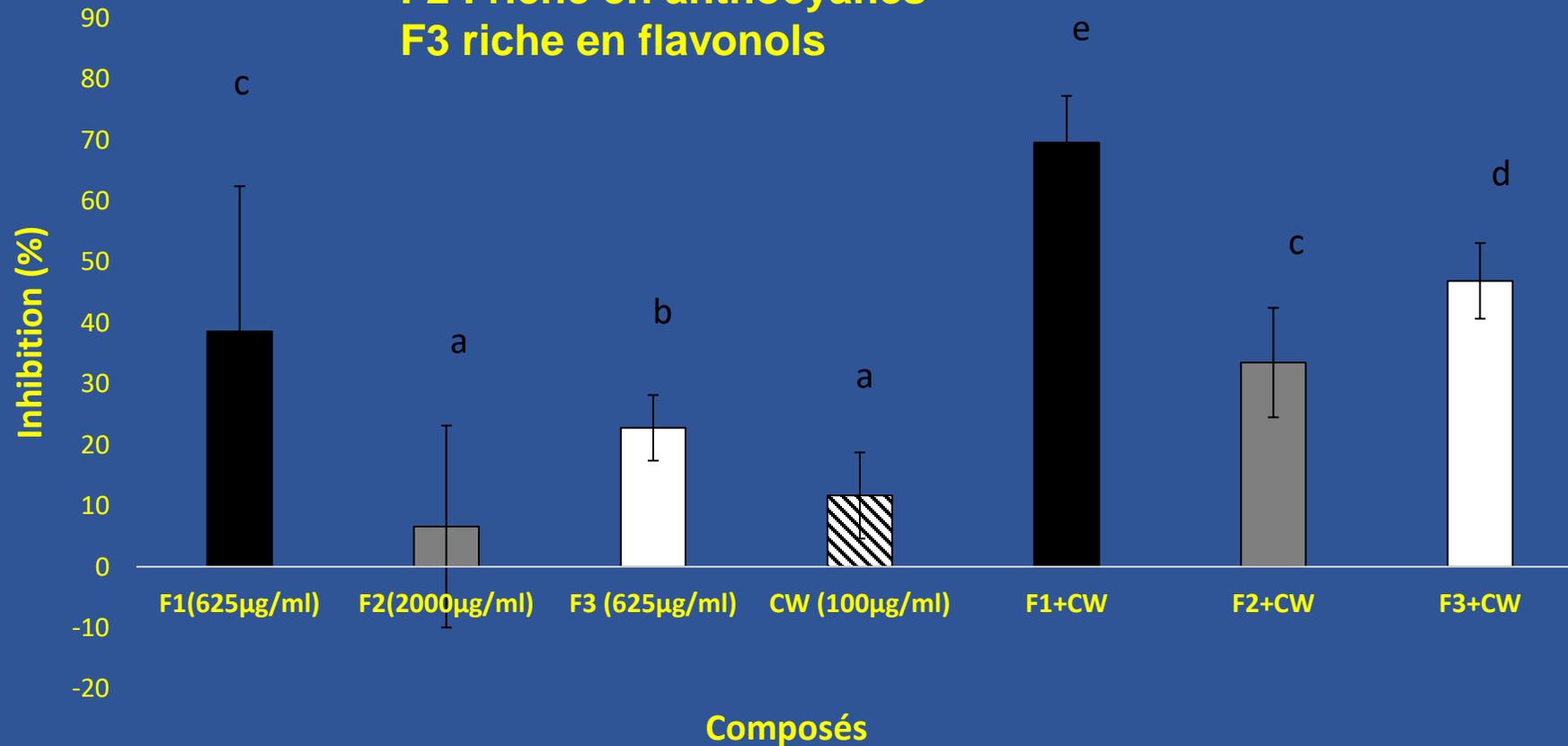
Quercétine



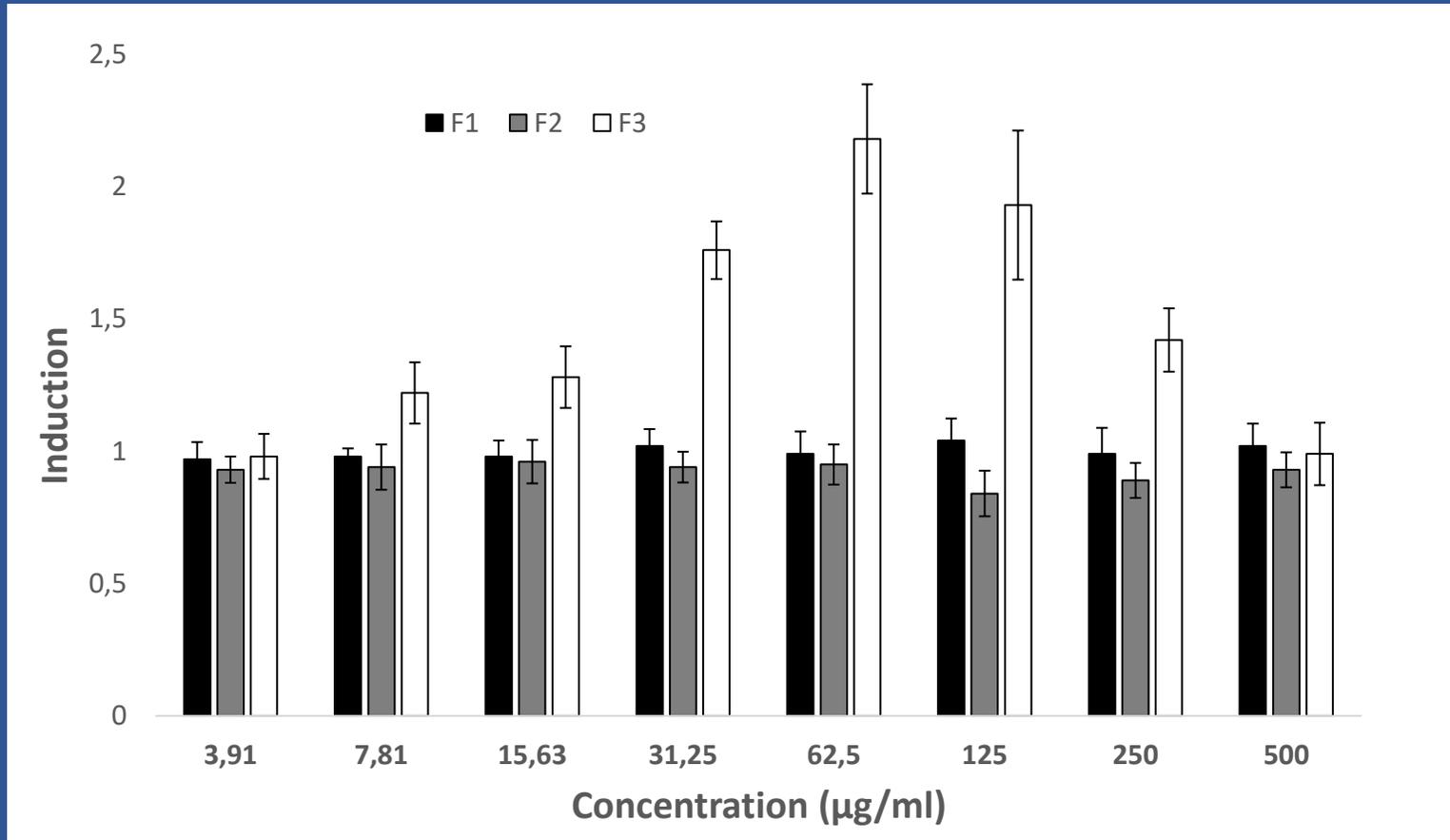
**F1 : riche en  
acide  
phénoliques  
F2 : riche en  
anthocyanes  
F3 riche en  
flavonols**

**Effet des fractions de canneberges obtenues à partir d'un fractionnement par HPLC d'un jus de canneberges concentré sur la prolifération des cellules HT-29**

**F1 : riche en acide phénoliques**  
**F2 : riche en anthocyanes**  
**F3 riche en flavonols**

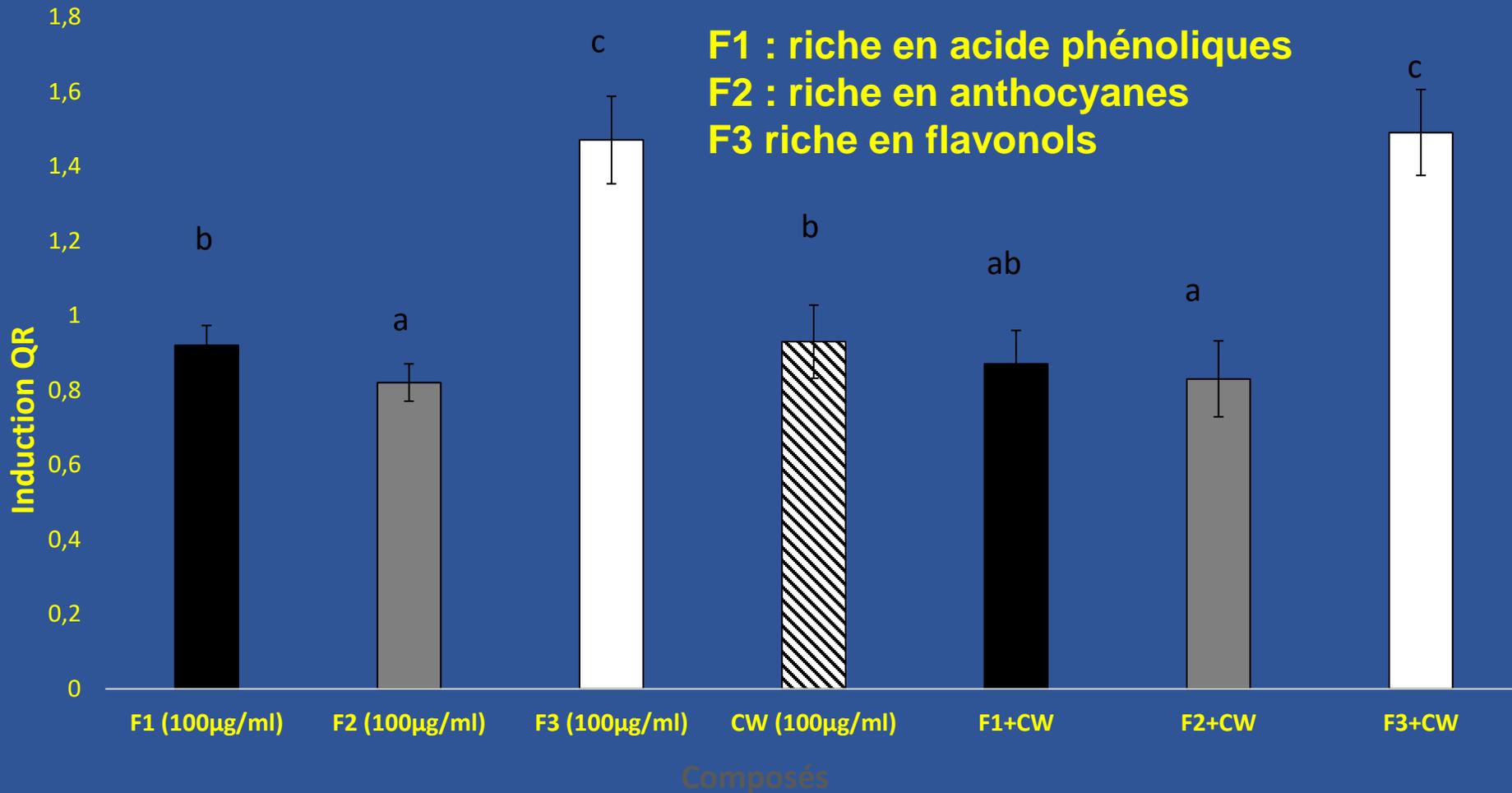


**Effet des fractions de canneberges associées avec les composantes membranaires des bactéries probiotiques sur la prolifération des cellules HT-29**



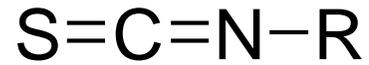
F1 : riche en acide  
phénoliques  
F2 : riche en  
anthocyanes  
F3 riche en flavonols

**Effet des fractions de canneberges obtenues à partir d'un fractionnement par HPLC d'un jus de canneberges concentré sur l'activité de la quinone reductase**



**Effet des composants membranaires extraits des bacteries probiotiques combinés avec les fractions de composés phénoliques du jus de canneberges concentré sur l'activité de la quinone réductase**

# Les crucifères



Isothiocyanates

Contenu en  
isothiocyanates

Brocoli 0.5 – 3.7 µg/gr  
Choux de Bruxelles: 2.5%  
Choux: 1%



## Mode d'action

- Bloquent l'action des molécules carcinogènes: Inhibent enzymes P450
- Engendrent l'apoptose : active les caspases
  - Augmentent l'activité des enzymes de détoxification de la cellule: Phase II
- Relation inverse entre la consommation des crucifères et le cancer du colon, de la prostate, du sein, le lymphome (non Hodgkin's) , cancer du cerveau et leucémie
- Molécules antimicrobiennes, antifongiques, insecticides et antiprotozoaires

# *Les composés actifs du lin*



## **Contenu nutritionnel**

**21% protéines**

**40% lipides : 53%  $\alpha$   
linoléique**

**25% carbohydrates**

**9% fibres**

**5% lignanes**

## Rôle des lignanes

Effets protecteurs contre  
le cancer du colon, de la  
prostate et du sein

Tests in vivo chez le rat  
Induction d'un cancer

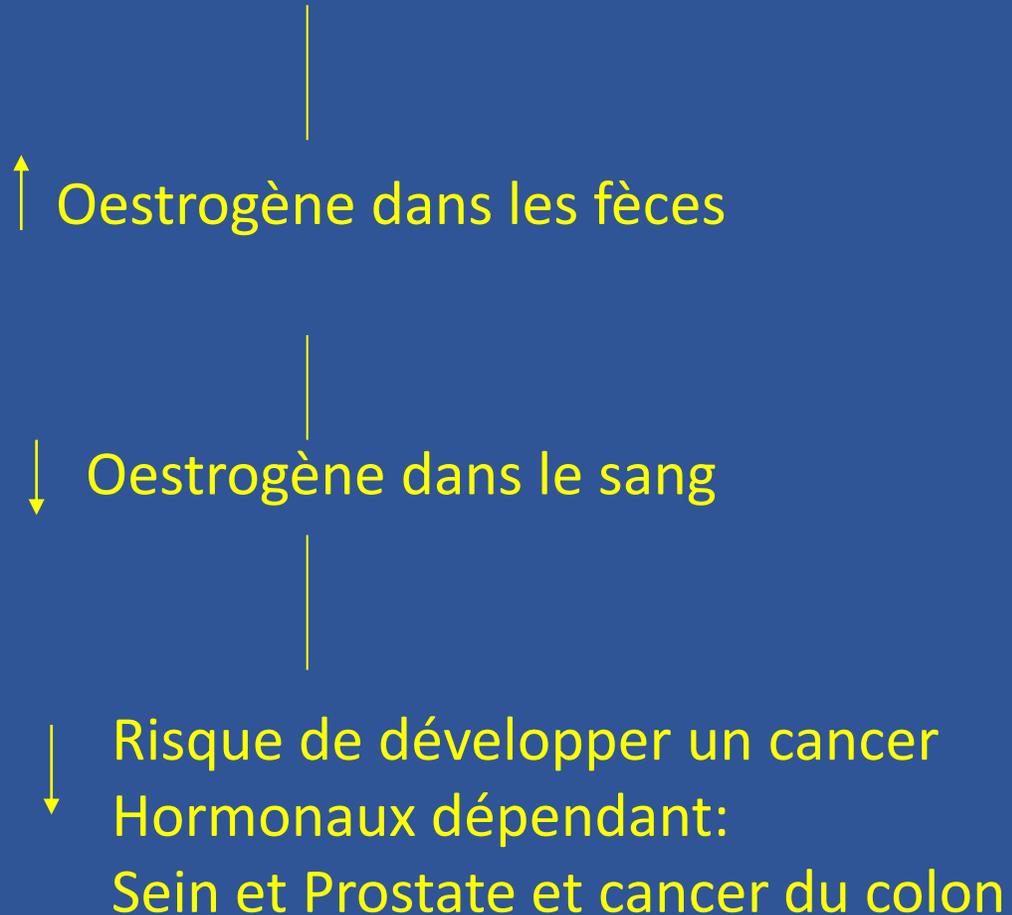
↓  
graines de lin moulues (5%  
de la ration) pendant 50  
jours,

Diminution de 21-32%  
Incidence de la prolifération  
des tumeurs, réduction de la  
grosseur des tumeurs de 50%



# Mode d'action

- Ingestion de graine de lin



- Les lignanes ont des propriétés antioestrogènes et antioxydantes
- Augmente le ratio Progéstérone/estradiol qui semble avoir un lien avec le bon fonctionnement des ovaires
- Influence la synthèse de l'oestrogène
- Inhibe la prolifération des cellules cancéreuses
- Active les enzymes de l'apoptose Tue les cellules cancéreuses (caspase3)
- L'acide linoléinique du lin protège contre la promotion des cellules cancéreuses

# Composition de la tomate

Fraction	Flavonoïdes totaux eq/%	Lycopène mg/%	Vitamine C mg/%	Pouvoir antioxydant μM TEAC/100g
Peau	20	9	17	212
Pulpe	8	3	9	82
graines	12	2	8	114



USDA, 1998; Les aliments contre le cancer, 2005, Trécaré; Critical Reviews in Food Sc. And Nutrition 2003: 1,1:1-18; Food Research International 2005, 38: 487-494

Le lycopène de la tomate

Pâtes de tomates: 29 mg/%

Sauce: 18 mg/%

Sauce tomate: 11 mg/%

Tomate en conserve et jus de tomate: 10 mg/%

Tomate crue: 3 mg/%



## Rôle

**Excellent antioxydant**

**Effet connu: Protège contre le développement du cancer de la prostate**

**Efficacité surtout dans les produits cuits à base de tomates**

**Protège contre les maladies cardiovasculaires**

USDA, 1998; Les aliments contre le cancer, 2005, Trécarré; Critical Reviewa in Food Sc. And Nutrition 2003: 1,1:1-18; Food Research International 2005, 38: 487-494

## Autres nutriments ayant un fort potentiel antioxydant

---

**Vitamine C:** Cassis, Fruits exotiques, Agrumes, Persil, Poivron, Choux, légumes verts, mangue, papaye

**Vitamine E:** Fromage, graines oléagineuses, huile végétale, huile d'olive, noix, germe de blé, oeufs

**Vitamine A et B-carotène:** Foie, huile de foie, abricot, carotte, choux, courge, carotte, brocoli, tomate, piment, citrouille, mangue, papaye

**Sélénium:** Poissons, champignons, champignon Shiitake, thon, noix du Brésil.

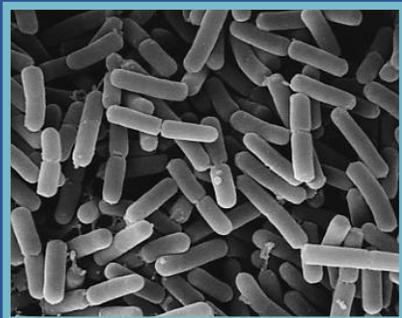
Critical review in Food Sc. and Nutrition 2004: 44, 275-295.

**Le rôle immunostimulateur et  
antipathogène de bactéries  
lactiques et probiotiques**

# *Bactéries probiotiques*

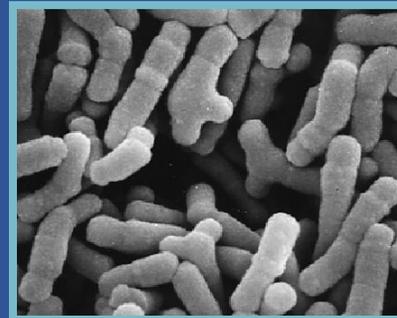
- **Lactobacillus**

- *L. acidophilus*
- *L. casei*
- *L. crispatus*
- *L. gasseri*
- ***L. johnsonii***
- *L. plantarum*
- *L. reuteri*
- ***L. rhamnosus***



- **Bifidobacterium**

- *B. adolescentis*
- *B. animalis*
- ***B. bifidum***
- *B. breve*
- *B. infantis*
- ***B. longum***
- *B. lactis*



# Les bactéries probiotiques

\* **Modifient favorablement la microflore et apportent des bienfaits à l'hôte :**

- digestibilité du lactose, diarrhée, colites
- propriétés anti-cancéreuses
- **stimulation du système immunitaire**

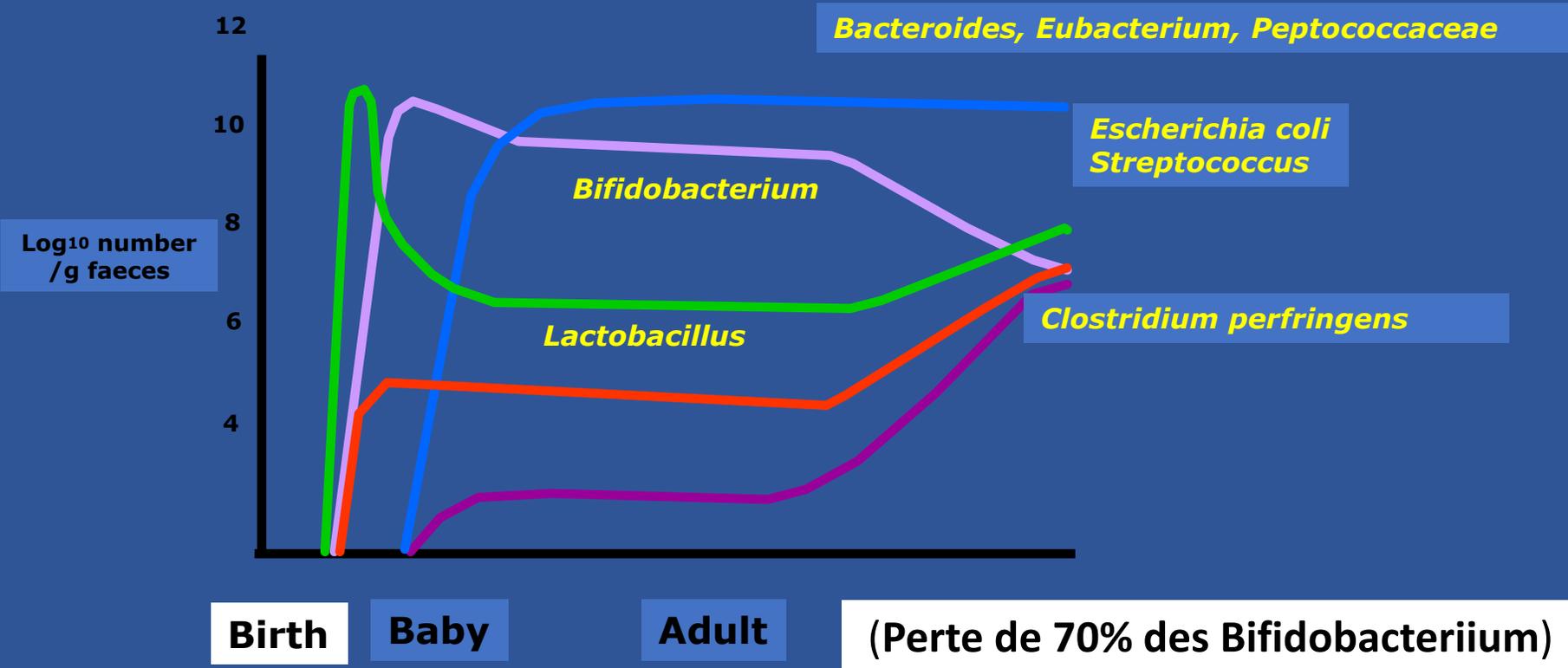
\* **Survie et colonisation**

\* **Principaux genres**

## Effets sur la santé

---

- Synthèse de nutriments et de vitamines.
- Aide au maintien de la flore intestinale.
- Facilitation de la digestion du lactose et de l'absorption de nutriments.
- Antihypertensif.
- Stabilisation du taux de cholestérol.
- Prévention et soulagement de certains types de diarrhée.
- Prévention contre certains cancers.
- Prévention contre les infections gastro-intestinales.
- Stimulation de l'immunité humorale, cellulaire, adaptative et non adaptative.



**Birth**

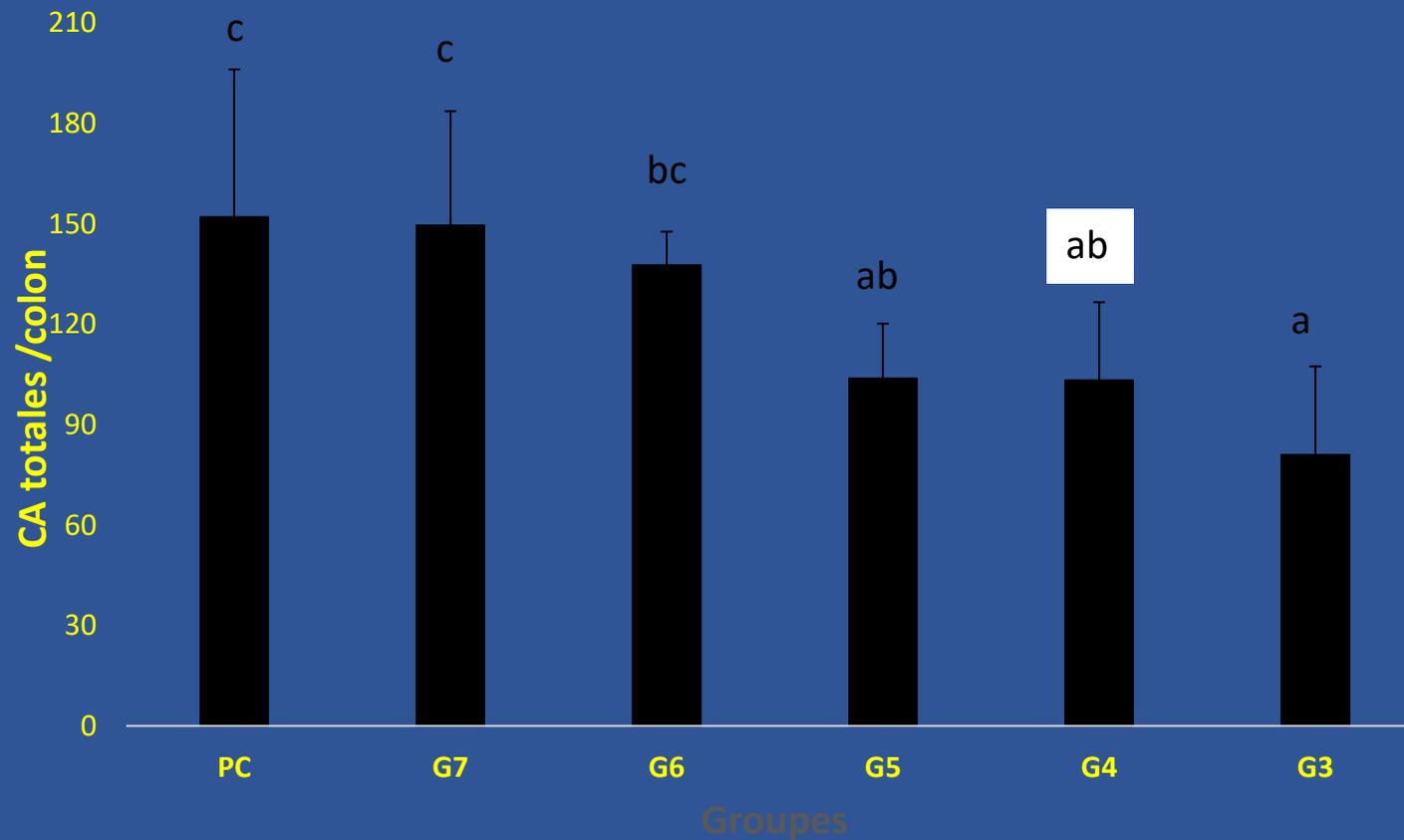
**Baby**

**Adult**

**(Perte de 70% des Bifidobacterium)**

## Temps de génération de bactéries pathogènes en présence d'un probiotique CL1285

Bactéries Pathogènes	Mono-culture (min)	Co-culture (min)	Efficacité de CL1285 sur le temps de division
<i>S.aureus</i> ATCC 29213	50,3 ± 0,58a <sup>1</sup>	246,2 ± 13,5b	↑ 4,9x
<i>E. coli</i> ATCC 25922	69,8 ± 16,4a	174,7 ± 20,3b	↑ 2,5x
<i>Escherichia coli</i> O157:H7	34,7 ± 0,98a	42,2 ± 2,5b	↑ 1,2x
<i>Enterococcus faecalis</i> LSPQ 2724	33,5 ± 0,2a	34,7 ± 6,31a	↑ 1,04x
<i>Enterococcus faecium</i> LSPQ 3550	32,4 ± 0,75a	55,7 ± 2,26b	↑ 1,7x
<i>Salmonella</i> Typhimurium	50,5 ± 0,87a	93,7 ± 5,32b	↑ 1,9x
<i>Listeria innocua</i> LSPQ 3285	50,9 ± 2,47a	92,2 ± 3,71b	↑ 1,8x



**Légendes:**

**PC:** DMH seul

**G3:** DMH + 2ml lait fermenté

**G4:** DMH + 1.5ml lait fermenté

**G5:** DMH + 1ml lait fermenté

**G6:** DMH + 0.5ml lait fermenté

**G7:** DMH + 0.25ml lait fermenté

**Effet des différentes doses du lait fermenté avec *L. acidophilus* CL1285, *L. casei* LBC80R et *L. rhamnosus* CLR2 sur le nombre total de cryptes aberrantes induites par le DMH.**

## Les aliments en développement Designed Foods

### Fruits et légumes riches en nutriments:

*vitamines et polyphénols:*

*tomates transgéniques (78 x plus de flavonoïdes)*

*Fruits irradiés*

*Sélénium*

*Calcium*

### *Produits enrichis:*

*Jus*

*Lait fermenté riche en probiotique*

*Ajout de probiotiques dans les aliments*



## DIGESTION *IN VIVO*

### Analyse du Coefficient d'Efficacité Protéique (CEP) et de la digestibilité protéique *In vivo* d'un breuvage enrichie en protéines végétales et en probiotiques

Diètes	CEP	CEPR	CEPN	CEPNR (%)
Control+	2,87 ± 0,16 <sup>a</sup>	2,5	2,13 ± 0,22 <sup>b</sup>	100
PRF	3,01 ± 0,09 <sup>a</sup>	2,63 ± 0,08	2,30 ± 0,13 <sup>b</sup>	108,05 ± 6,24
PRNF	2,53 ± 0,25 <sup>b</sup>	2,21 ± 0,22	1,79 ± 0,29 <sup>a</sup>	83,99 ± 13,67

Les moyennes avec des lettres différentes sont significativement différentes ( $P \leq 0,05$ ).

Diètes	DA (%)	DR (%)
Control+	94.42 ± 0.77 <sup>b</sup>	96.07 ± 0.76 <sup>b</sup>
PRF	87.64 ± 0.78 <sup>a</sup>	89.48 ± 0.89 <sup>a</sup>
PRNF	87.03 ± 0.83 <sup>a</sup>	89.04 ± 0.50 <sup>a</sup>

CEP PRF > Control >  
PRNF

Digestibilité PRF =  
PRNF



# The Traditional Healthy Asian Diet Pyramid



© 2000 Oldways Preservation & Exchange Trust

# The Traditional Healthy Mediterranean Diet Pyramid



© 2000 Oldways Preservation & Exchange Trust

# *La diète Méditerranéenne*

---

*Riche en  
Huile d'olive, fruits, légumes, végétaux, céréales  
et relativement faible en  
viande*

*est associée à un faible taux de  
maladies cardiovasculaires et possiblement  
un faible taux de cancer.*

- **Dre Monique Lacroix**
- **Professeure-chercheure**
- **à**
- **l'INRS-Armand-Frappier Santé  
Biotechnologie**
- **Laboratoire de Recherche en Sciences  
Appliquées à l'Alimentation**
- **531 des Prairies, Ville de Laval Québec,  
Canada H7V 1B7**
- **Tel: 450 687 5010 /4489 cell: 514 912 5748**
- **Email: [Monique.Lacroix@inrs.ca](mailto:Monique.Lacroix@inrs.ca)**
- **Site web: [www.inrs.ca](http://www.inrs.ca);  
[www.labo-resala.com](http://www.labo-resala.com)**

# Remerciements

Ce projet est financé par l'entremise du Programme Innov'Action agroalimentaire, en vertu du Partenariat canadien pour l'agriculture, entente conclue entre les gouvernements du Canada et du Québec.



Partenaire de l'INRS : PROX-Industriel

