



*\*La destinée des nations dépend de la manière dont elles  
se nourrissent  
Jean-Anthelme Brillat-Savarin*

*\*Que ton aliment soit ta seule médecine  
Hippocrate (460-377 av.J.C.)*

## *Remerciements*

*T*out d'abord, je remercie le bon Dieu le tout puissant.

*J'*adresse mes vifs remerciements à ma promotrice Professeur H. LOUAÏLÈCHE pour m'avoir accueilli au sein du laboratoire « Biochimie Alimentaire », d'avoir mis en ma disposition tout le matériel et les réactifs nécessaires au bon déroulement de la partie expérimentale qui a été un vrai espace d'apprentissage des techniques . Les mots ne suffisent pas, Madame, pour exprimer ma gratitude envers vous, pour vos conseils, votre orientation ainsi qu'à vos qualités humaines. J'ai appris à bien analyser avant l'expérimentation, et d'avoir un œil critique envers n'importe quel résultat obtenu.

*M*es remerciements vont à M<sup>me</sup> R. ZAIDI pour l'honneur qu'elle m'a fait en président mon jury et d'évaluer ce travail.

*J*e remercie M<sup>r</sup> F. ZAIDI et M<sup>r</sup> M. BERKANI pour l'honneur qu'ils m'ont fait pour l'examen du mémoire.

*I*l n'y a pas lieu d'oublier la précieuse aide de la Société PROFERT, pour leur orientation vers les agriculteurs ainsi que pour l'identification des variétés de pomme de terre étudiées, je cite M<sup>r</sup> Bennai, Laalaoui Ghanima et Kahina. Ma reconnaissance va aussi aux patatiers de Smaoun, Amizour, et Timzrit pour leur accueil, ainsi que pour le don des variétés de pomme de terre sans oublier Nacéra.

*J*e remercie toute l'équipe du laboratoire de Biochimie Alimentaire à savoir : M<sup>r</sup> Bachir bey M. , Benmeddour Z., Mouhoubi Z., M<sup>me</sup> Maouche N., M<sup>me</sup> Guemghar née Haddadi H., Ouchemoukh S., de qui j'ai beaucoup appris et par qui, j'ai été encouragée.

*J*e remercie tous mes camarades de la promotion de Contrôle de qualité, Certification et Méthodes de validation avec qui l'échange d'idée a été constructive.

*M*es remerciements vont également à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, je cite surtout l'équipe du cyber « UNIVERSANET » pour leur aide : M<sup>r</sup> Yahi Mourad ,Nina,Idir Djelloul et Karima.

# *Abréviations*

- AA:** Acide Ascorbique
- ABC:** ATP-Binding-Cassette
- ATP:** Adénosine-Tri-Phosphate
- BCRP:** Breast Cancer Resistance Protein
- BHA:** Butyldroxyanisol
- CAR:** Caroténoïdes
- COX:** Cyclooxygénase
- CRP:** C-reactive protein
- CE:** Cuisson dans l'eau
- CV:** Cuisson à la vapeur
- CP:** Cuisson dans l'eau des variétés non épluchées
- CF:** Cuisson au four
- DHA:** Acide Déhydroascorbique
- DCPIP :** 2,6-Dichlorophénol-Indophénol
- DPPH :** Radical 2,2-Diphényl-1-Picrylhydrazyl
- Eq:** Equivalent
- GST:** Glutathion S-transférase
- LDL:** Low Density Lipoproteins
- LSD :** Least significant difference
- MS :** Matière sèche
- MF :** Matière fraîche
- PAL:** Phénylalanine ammonialyase
- ROS:** Espèces réactives d'oxygène
- rpm :** Rotation par minute
- STL :** *Solanum tuberosum* lectin
- TF :** Thomsen-Friedeneich
- UGT:** UDP-lucuronosyltransférase

## *Liste des figures*

<i>Figure</i>	<i>Page</i>
<b>Figure 1 :</b> Structure des caroténoïdes majoritaires de la pomme de terre	10
<b>Figure 2 :</b> Structure chimique des deux formes de l'acide ascorbique	12
<b>Figure 3 :</b> Structure des flavonoides	14
<b>Figure 4 :</b> Structure des anthocyanines de la pomme de terre	17
<b>Figure 5 :</b> Structure des deux types d'acides phénoliques	18
<b>Figure 6 :</b> Structure des acides caféique et chlorogénique	18
<b>Figure 7 :</b> Structure de base des tocophérols	20
<b>Figure 8 :</b> Morphologie des variétés de pomme de terre étudiées	22
<b>Figure 9 :</b> Teneurs en caroténoïdes des variétés de pomme de terre	28
<b>Figure 10:</b> Teneur en acide ascorbique des variétés de pommes de terre	30
<b>Figure 11:</b> Teneur en polyphénols totaux des extraits aqueux des variétés de pomme de terre	32
<b>Figure 12 :</b> Teneur en polyphénols totaux des extraits éthanoliques des variétés de pommes de terre	32
<b>Figure 13:</b> Teneur en flavonoides des extraits aqueux des	35

variétés de pomme de terre	
<b>Figure 14:</b> Teneur en flavonoides des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre	35
<b>Figure 15:</b> Teneur en acide chlorogénique des extraits aqueux des variétés de pomme de terre	38
<b>Figure 16:</b> Teneur en acide chlorogénique des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre	38
<b>Figure 17:</b> Activité antiradicalaire des extraits aqueux des variétés de pomme de terre	40
<b>Figure 18:</b> Activité antiradicalaire des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre	40
<b>Figure 19:</b> Pouvoir réducteur des extraits aqueux des variétés de pomme de terre	43
<b>Figure 20:</b> Pouvoir réducteur des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre	43
<b>Figure 21:</b> Effet des extraits aqueux sur la peroxydation lipidique	45
<b>Figure 22:</b> Effet des extraits éthanoliques sur la peroxydation lipidique	45

## *Liste des tableaux*

<i>Tableau</i>	<i>Page</i>
<b>Tableau I :</b> Composition chimique du tubercule de pomme de terre	5
<b>Tableau II :</b> Composition en vitamines de la pomme de terre ; exprimée en mg /100g de substance comestible	6
<b>Tableau III:</b> Production de la pomme de terre au niveau mondial (millions de tonnes)	7
<b>Tableau IV :</b> Caractéristiques des variétés de pomme de terre	22
<b>Tableau V :</b> Corrélation entre les teneurs en antioxydants et les activités antioxydantes des extraits aqueux	46
<b>Tableau VI:</b> Corrélation entre les composés antioxydants et les activités antioxydantes des extraits éthanoliques	47

# *Sommaire*

## *Synthèse bibliographique*

<b>Introduction</b> .....	1
<b>I. La pomme de terre</b>	
1. Classification et description botanique.....	3
2. Pommes de terre de consommation .....	3
2.1. Pommes de terre de primeur .....	3
2.2. Pommes de terre de conservation .....	4
3. Composition de la pomme de terre.....	4
3.1. Les glucides .....	4
3.2. Les protéines .....	4
3.3. Les minéraux .....	4
3.4. Les vitamines .....	5
3.5. Les pigments.....	5
3.6. Les alcaloïdes .....	6
4. Production de la pomme de terre .....	7
5. Propriétés thérapeutiques de la pomme de terre .....	7
Effet sur les maladies du colon .....	8
<b>II. Les antioxydants de la pomme de terre</b>	
1. Les caroténoïdes .....	9
a) Les carotènes .....	9
b) Les xanthophylles.....	9
1.1. Action des caroténoïdes sur l'oxygène singulet.....	9
1.2. Action sur les radicaux libres .....	11
2. L'acide ascorbique.....	11
3. Les composés phénoliques .....	12
3.1. Les flavonoides.....	13
3.1.1. Activité antioxydante.....	14
a) Capture directe des radicaux libres .....	14
b) Interaction avec les cations métalliques.....	14



c) Inhibition d'enzymes .....	15
3.1.2. Propriétés biologiques des flavonoïdes .....	15
3.1.2.1. Inhibition de l'activité des protéines impliquées dans la carcinogenèse.....	15
3.1.2.2. Effets sur les protéines de détoxification .....	16
3.1.2.3. Effets sur l'athérosclérose .....	16
3.1.2.4. Effets protecteurs vasculaires .....	17
3.2. Les anthocyanines .....	17
3.3. Les acides phénoliques .....	18
3.3.1. Propriétés antioxydantes.....	19
3.3.2. Propriétés anti-cancérigènes.....	19
4. Les tocophérols.....	19

## *Partie expérimentale*

### *Matériel et méthodes*

1. Matériel végétal .....	21
2. Cuisson de la pomme de terre .....	21
2.1. Cuisson dans l'eau .....	21
2.1.1. Pomme de terre épluchée.....	21
2.1.2. Pomme de terre non épluchée.....	21
2.2. Cuisson à la vapeur.....	21
2.3. Cuisson au four.....	21
3. Teneur en eau .....	23
4. Dosage des antioxydants	
4.1. Les caroténoïdes .....	24
4.2. L'acide ascorbique.....	24
4.3. Les composés phénoliques .....	24
4.3.1. Préparation des extraits.....	24
4.3.2. Les composés phénoliques totaux .....	24
4.3.3. Les flavonoides.....	25
4.3.4. L'acide chlorogénique .....	25
5. Activité antioxydante.....	25

5.1. Activité antiradicalaire .....	25
5.2. Pouvoir réducteur .....	25
5.3. Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique .....	26
6. Analyse statistique.....	26

## *Résultats et discussion*

### **1. Dosage des antioxydants**

1.1. Les caroténoïdes .....	27
1.2. Acide ascorbique .....	28
1.3. Les composés phénoliques totaux .....	31
1.4. Les flavonoides.....	34
1.5. L'acide chlorogénique.....	36

### **2. Activité antioxydante**

2.1. L'activité antiradicalaire.....	39
2.2. Pouvoir réducteur .....	42
2.3. Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique .....	44

### **3. Corrélations entre les teneurs en antioxydants et les activités antioxydantes**

3.1. Activité antiradicalaire .....	46
3.2. Pouvoir réducteur .....	48
3.3. Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique .....	48

<b>Conclusion et perspectives.....</b>	<b>50</b>
--	-----------

<b>Références bibliographiques.....</b>	<b>51</b>
---	-----------

### *Annexe*

# *Introduction*

## *Introduction*

Les recherches effectuées au cours des dernières années sont parvenues à mettre en évidence qu'un grand nombre d'aliments faisant partie du quotidien alimentaire de plusieurs nations constituent des sources exceptionnelles de molécules ayant la capacité d'interférer avec certains processus dans l'apparition des maladies liées au stress oxydatif. En effet, le stress oxydatif résulte d'une surproduction des radicaux libres générés dans le corps humain à travers la respiration aérobie et par divers mécanismes physiologiques car ils sont utiles pour l'organisme à dose raisonnable. La production peut devenir excessive ou résulter de phénomènes toxiques exogènes et l'organisme va devoir se protéger contre cet excès par différents systèmes antioxydants (Gardés-Albert *et al.*, 2003).

Le stress oxydatif est incriminé est impliqué dans diverses pathologies telles que les maladies cardiovasculaires, l'athérosclérose ainsi que les maladies dégénératives et le processus tumoral (Favier, 2005).

L'ensemble des dommages radicalaires semble pouvoir être limité, tout au moins, en partie, par l'action de molécules antioxydantes ; celles-ci ont pour rôle d'empêcher les radicaux libres d'atteindre leurs cibles biologiques, d'où leur rôle protecteur (Marfak, 2003). L'apport constant en ces substances antioxydantes par une diète riche en fruits et légumes représente la base de toute stratégie visant à prévenir le développement des maladies (Faller et Fialho, 2009).

La pomme de terre (*Solanum tuberosum*) occupe la quatrième production dans le monde après le blé, le riz et le maïs (Finotti *et al.*, 2006). En plus de son apport énergétique important, la pomme de terre est classée parmi les légumes riches en acide ascorbique ; elle apporte également d'autres substances antioxydantes dont les caroténoïdes et les polyphénols (Andre *et al.*, 2007).

La présente étude a été entreprise dans le but d'évaluer l'effet de quatre modes de cuisson sur l'activité antioxydante de quelques variétés de pomme de terre récoltées dans la wilaya de Béjaia ; elle comporte :

- Une synthèse bibliographique traitant une description de la pomme de terre ainsi que des antioxydants qu'elle contient.

-Une partie expérimentale qui concerne, en premier lieu, une estimation de la teneur en composés antioxydants de cinq variétés de pomme de terre cuites (Bartina, Désirée, Spunta, Timate et Safrane). Il s'agit l'acide ascorbique, des caroténoïdes totaux, ainsi que des composés phénoliques totaux, des flavonoïdes, et de l'acide chlorogénique.

En second lieu, l'activité antioxydante des extraits éthanoliques et des extraits aqueux des variétés de pommes de terre est évaluée selon trois méthodes (activité antiradicalaire, pouvoir réducteur et inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique).

*Synthèse  
bibliographique*

# *La pomme de terre*

## **1. Classification et description botanique**

La pomme de terre appartient à la famille des *Solanaceae* et au genre *solanum* qui comprend approximativement 200 espèces. Cependant, seule *Solanum tuberosum* L. est cultivée dans le monde entier, sa classification est la suivante :

**Règne :** Plantae

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Ordre :** Solanales

**Famille :** Solanaceae

**Genre :** Solanum (Grison, 1983).

Il s'agit d'une espèce herbacée, vivace par ses tubercules mais cultivée en culture annuelle le plus souvent. Les caractéristiques botaniques des tubercules de pomme de terre subissent d'importantes variations, liées en particulier au facteur variétal mais aussi aux conditions climatiques et aux techniques culturales (Rossignol et Rousselle-Bourgeois, 1996).

## **2. Pommes de terre de consommation**

La majorité des pommes de terre de consommation sont destinées à l'alimentation humaine, à l'état frais ou après transformation industrielle. Selon la période de culture, se distinguent deux types de pomme de terre, pommes de terre de primeur et pommes de terre de conservation.

### **2.1. Pommes de terre de primeur**

Les pommes de terre primeur sont cultivées en plein champ ou en maraîchage, elles sont récoltées avant maturité complète de leurs tubercules, et commercialisées avant le 1<sup>er</sup> Août de l'année ; elles sont cultivées dans les régions à hiver doux (Elliséche, 1999).

## **2.2. Pommes de terre de conservation**

Les pommes de terre de conservation proviennent de cultures plantées en Avril ou en Mai et récoltées entre Août à Octobre. Elles peuvent être conservées pendant 8 à 10 mois, à température relativement basse (+5 à +10 C°) à l'aide d'inhibiteurs de germination (Gravoeuille, 1996).

## **3. Composition de la pomme de terre**

La composition chimique du tubercule de pomme de terre (tableau I) dépend, en grande partie, de sa teneur en matière sèche. Le tubercule est constitué d'eau pour environ les trois quarts, d'une quantité relativement élevée de glucides, d'un faible taux de protides et de très peu de lipides. Cette richesse en eau et cette carence en lipides lui confèrent une valeur énergétique modérée, ce qui la distingue de la plupart des autres aliments amylacés (Grison, 1983).

### **3.1. Les glucides**

Ils sont représentés essentiellement par l'amidon, qui est le constituant principal de la pomme de terre, il se trouve dans les cellules sous forme de grains ovoïdes striés de 5 à 170 nm de diamètre (Gravoeuille, 1996).

### **3.2. Les protéines**

Les protéines de la pomme de terre contiennent les acides aminés indispensables (valine, leucine, isoleucine, thréonine, méthionine, ...) ; elles ont une valeur biologique comparable à celle des protéines de l'œuf. En plus de la matière azotée protéique, la pomme de terre contient aussi d'autres matières azotées telles que les bases puriques et pyrimidiques, etc (Gravoeuille, 1996).

### **3.3. Les minéraux**

Les cendres du tubercule de pomme de terre représentent 4 à 6% du poids sec ; leur distribution dans le tubercule est hétérogène : le potassium est l'élément dominant avec une teneur de 1811 à 2530 mg /100g de poids sec. Par rapport aux



besoins nutritionnels de l'organisme humain, la pomme de terre apporte une quantité relativement importante de potassium, de phosphore, de fer et d'iode mais elle est pauvre en calcium et en sodium (Grison, 1983).

**Tableau I :** Composition chimique du tubercule de pomme de terre (Grison, 1983)

Constituants	Valeurs moyennes [% de la matière fraîche (M.F.)]
Eau	77,5
Matière sèche	22,5
Protides	2,0
Lipides	0,1
Glucides	19,4 (*)
Cendres	1,0
Apport énergétique	80 calories

(\*) Dont 0,6 % de glucides non extractibles comprenant la cellulose, les hémicelluloses, les substances pectiques, les subérines et les lignines (fibres).

### 3.4. Les vitamines

La pomme de terre contient la plupart des vitamines hydrosolubles (tableau II). Elle renferme une quantité non négligeable de la vitamine B<sub>1</sub>, mais se caractérise surtout par sa richesse en vitamine C. Les teneurs en vitamines diminuent au cours de la conservation (Finotti *et al.* , 2006).

### 3.5. Les pigments

Quelques substances phénoliques jouent un rôle dans la coloration des tubercules de pomme de terre ; il s'agit des tanins et les dérivés de coumarines qui sont localisés dans les tissus subérifiés où ils participent probablement à la pigmentation de la peau. Les caroténoïdes de la pomme de terre sont responsables de la coloration jaune de la peau et de la chair des tubercules. Leur concentration dans la chair varie de 14 à 343 µg par 100g de poids frais (Grison, 1983).

**Tableau II** : Composition en vitamines de la pomme de terre exprimée en mg/100g de matière comestible (Grison, 1983)

<b>Vitamines</b>	<b>Teneur moyenne</b>
Thiamine (B <sub>1</sub> )	0,11
Riboflavine (B <sub>2</sub> )	0,04
Nicotinamide (B <sub>3</sub> ou PP)	1,20
Acide panthoténique (B <sub>5</sub> )	0,30
Pyridoxine (B <sub>6</sub> )	0,20
Acide ascorbique (C)	
-Pomme de terre <b>fraîche</b>	40
-Pomme de terre <b>de conservation</b>	
Après <b>3 mois</b>	15
Après <b>6 mois</b>	5
Tocophérol (E)	0,06
Acide folique (B <sub>9</sub> )	0,006
Biotine (H)	0,001
Phylloquinone (K)	0,08

### 3.6. Les alcaloïdes

Ces substances sont représentées essentiellement par la solanine et la chaconine, qui ont en commun un aglycone à noyau stérolique (la solanidine) et ne se différencient que par les séquences de glucides auxquelles cette dernière est liée. La solanine se localise au niveau des yeux et du périoderme du tubercule. Selon les variétés, la teneur en solanine varie de 0,15 mg à 1,01 g d'  $\alpha$ -solanine par 100g de poids frais (Finotti *et al.*, 2006) ; la peau en contient en moyenne 20 mg/100g (Grison,1983).

#### 4. Production de la pomme de terre

La production mondiale de la pomme de terre est passée de moins de 30 millions de tonnes au début des années 60 à plus de 320 millions de tonnes en 2007 (tableau III).

En 2006, la production de la pomme de terre en Algérie, a atteint le chiffre record de 2,18 millions de tonnes. La superficie cultivée est de 90 000 ha. Dans la wilaya de Bejaia, cette superficie est estimée à 601 hectares. En 2006, la production a atteint 87 805 quintaux avec un rendement de 146,1 quintaux/ha (Ministère Algérien de l'Agriculture et du Développement Rural, 2006).

**Tableau III:** Production de la pomme de terre au niveau mondial

(millions de tonnes) (FAOSTAT, 2005)

	1993	1995	1999	2001	2003	2005	2007
<b>Pays Développés</b>	199,31	177,47	165,93	166,94	160,97	159,99	155,56
<b>Pays en développement</b>	101,95	108,50	135,15	145,92	152,11	160,12	165,15
<b>Monde</b>	301,27	285,97	301,08	312,86	313,09	320,11	321,69

#### 5. Propriétés thérapeutiques de la pomme de terre

La pomme de terre a un effet reminéralisant ; sa consommation est conseillée dans les cas de grossesse et de traitement diurétique prolongé (Grison, 1983).

Plusieurs substances isolées de la pomme de terre se sont avérées avoir des propriétés thérapeutiques.

#### Effet sur les maladies du colon

La *N*-glycosylation des protéines est un mécanisme post-traductionnel ubiquitaire chez les cellules de mammifères dont les grandes étapes sont bien caractérisées. Lors des maladies de Crohn, de l'ulcère colique, ainsi que du cancer

du colon et des polypes adénomateux, des changements dans la glycosylation des protéines ont lieu dans les cellules épithéliales ; ces changements affectent la surface cellulaire et la sécrétion des glycoprotéines (glectines), qui ne peuvent plus lier les sucres d'une manière fonctionnelle (Dupré *et al.*, 2004).

L'appellation glectine est une dénomination nouvelle regroupant les lectines animales spécifiques des  $\beta$ -galactosides.

Les changements de la glycosylation sont dus à des anomalies de l'expression de l'antigène TF (Thomsen-Friedeneich), qui ne sont pas spécifiques au cancer du colon, mais qui sont également observées lors du cancer du sein et du pancréas (Rhodes *et al.*, 2008). Les cellules tumorales du colon présentent une structure de glectine 3 ; cette protéine augmente l'adhérence des cellules cancéreuses aux cellules endothéliales en interagissant avec le facteur TF.

Les lectines sont des glycoprotéines présentes dans les légumes ; celle de la pomme de terre est appelée **STL** (*Solanum tuberosum* Lectin) (Morawiecka et Wierzbarska, 1987). Ces protéines peuvent avoir un rôle dans la prévention de ces anomalies ; le facteur TF représente un ligand pour ces lectines. Le mécanisme par lequel les lectines interagissent avec le facteur TF présente une voie dans la chimio-prévention du cancer (Rhodes *et al.*, 2008).

## *Les antioxydants de la pomme de terre*

### **1. Les caroténoïdes**

Du point de vue chimique, les caroténoïdes sont des tétra-terpènes (Britton, 1983 ; Simpson *et al.*, 1984) ; leur structure est formée d'une longue chaîne hydrocarbonée en C<sub>18</sub> où alternent simples et doubles liaisons portant quatre groupements méthyles et deux cycles en C<sub>6</sub> (β-ionone) situés à chacune des extrémités de cette chaîne. Selon les groupements fonctionnels (figure 1), se distinguent deux types de caroténoïdes :

**a) Les carotènes :** représentés par l'α et le β-carotènes, et le lycopène, exclusivement hydrocarbonés et donc extrêmement apolaires (Furr *et al.*, 1992).

**b) Les xanthophylles :** dont la lutéine, la zéaxanthine, la cantaxanthine, la β-cryptoxanthine, relativement plus polaires que les carotènes, car porteurs de fonctions oxygénées (Curtay et Robin, 2000).

Pour les pommes de terre cuites dans l'eau, les xanthophylles représentent 85,5 % des caroténoïdes totaux, la lutéine est le pigment majeur retrouvé dans la pomme de terre à chair blanche et le second chez les tubercules jaunes. Les carotènes présentent un pourcentage assez réduit estimé à 12,88 % ; pour les tubercules cuits au four, 88,10 % des caroténoïdes totaux sont des xanthophylles et 11,89 % sont des carotènes (Blessington, 2005).

#### **1.1. Action des caroténoïdes sur l'oxygène singulet**

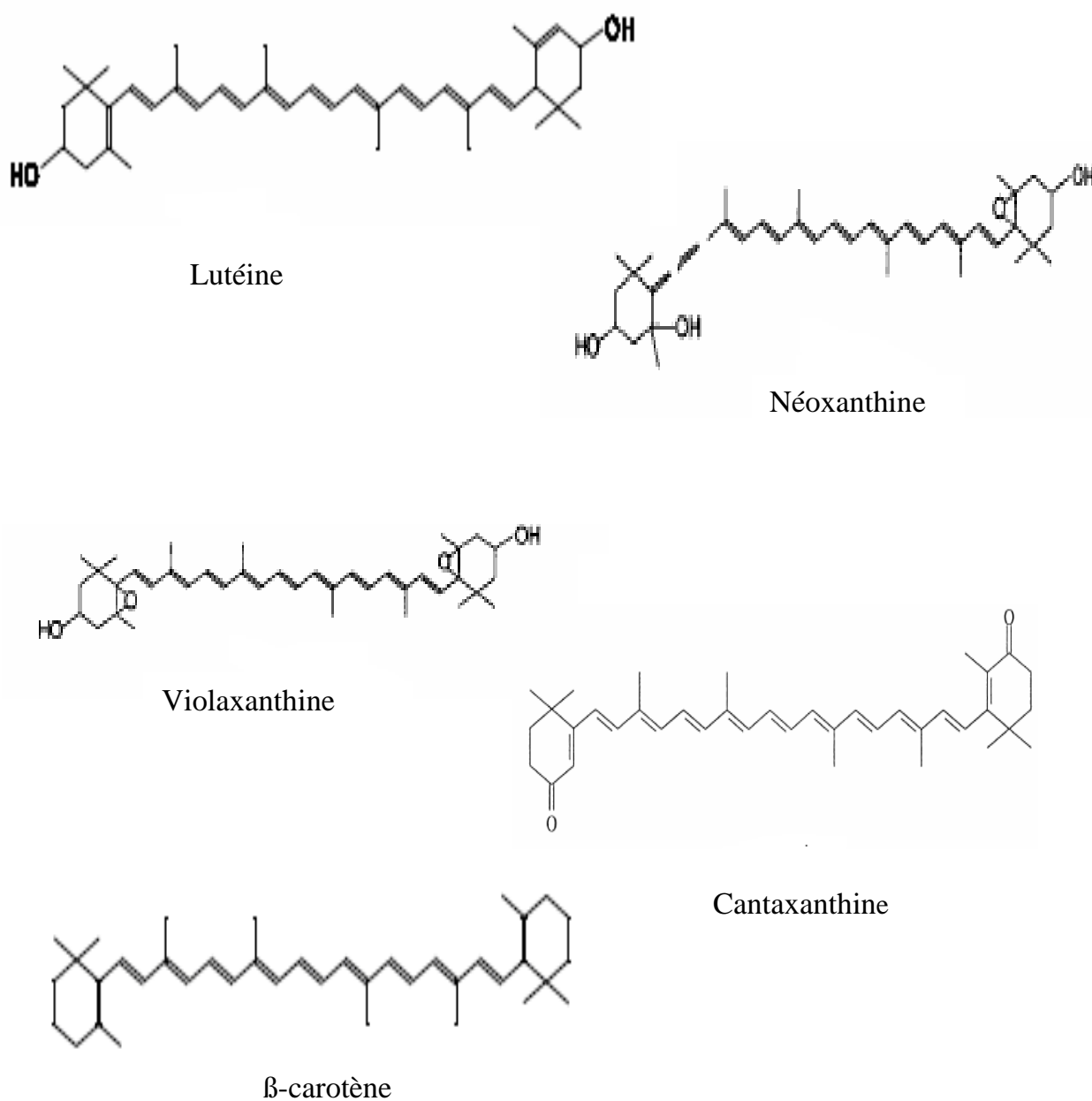
Les caroténoïdes possèdent une configuration spatiale qui leur permet de se refermer sur eux-mêmes constituant un piège destructeur des radicaux libres. Le mécanisme de leur activité antioxydante est le piégeage de l'oxygène singulet par photosensibilisation et la séquestration des radicaux peroxy (Dutta *et al.*, 2005).

La séquestration de l'oxygène singulet (phénomène du quenching) est basée sur la désactivation de l'état excité de la molécule par des mécanismes chimiques ou physiques (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

Il se produit alors un état triplet des caroténoïdes ( $^3\text{CAR}^*$ ) selon la réaction suivante :



Une fois produit, la molécule  $^3\text{CAR}^*$  peut facilement retourner à l'état initial en dissipant l'énergie sous forme de chaleur. La séquestration de l'oxygène singulet dépend de la longueur de la chaîne carbonée des caroténoïdes (Martin, 1999).



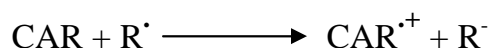
**Figure 1 :** Structure des caroténoïdes majoritaires de la pomme de terre (Rodriguez-Amaya, 1997)

Les caroténoïdes protègent les lymphocytes des dommages induits par l'oxygène singulet et diminuent le risque des maladies cardiovasculaires et le cancer (Subagio et Morita, 2003 ; Slattery *et al.*, 2005). Ils confèrent une protection aux lipoprotéines plasmatiques contre l'oxydation, processus qui contribue à l'athérogénèse et au développement du cancer du sein (Dugas *et al.* , 1995). La lutéine, par exemple, provoque la diminution de l'activité du cytochrome P450, un activateur de la cancérogenèse (Terry *et al.*, 2002).

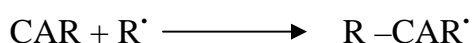
## 1.2. Action sur les radicaux libres

Les caroténoïdes peuvent réagir avec les radicaux libres ; cette interaction mène à des transferts électroniques. Il y a formation d'un radical peroxy ( $\text{ROO-}\beta\text{-CAR-OO}\cdot$ ), et à la fin, la formation du radical époxy (5, 6-époxy- $\beta$ -CAR) (Léger, 2006). Les interactions sont de types multiples (Dutta *et al.*, 2005) :

-Par **transfert d'électrons**



-Par des **réactions d'addition**

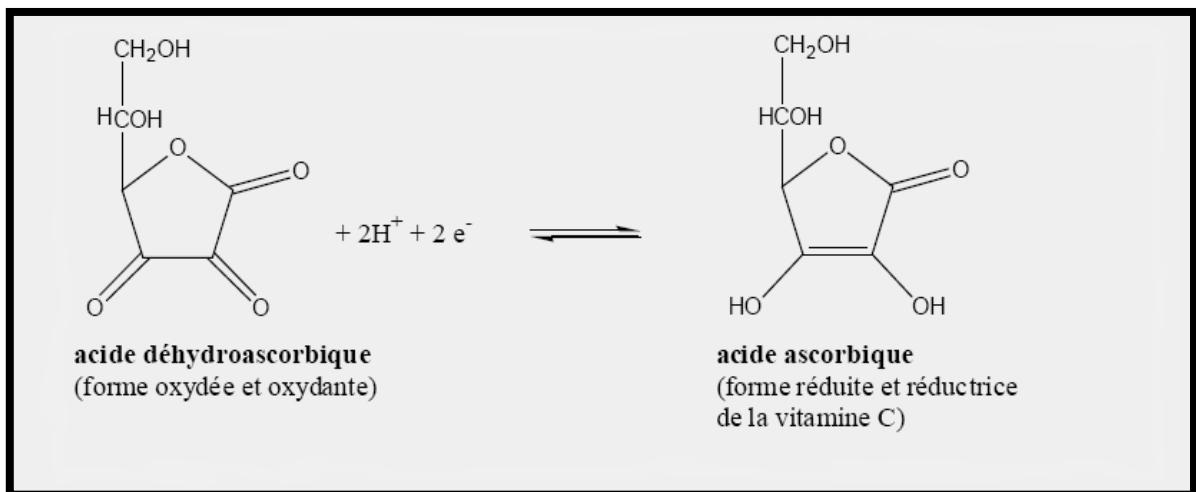


-Par un **transfert d'hydrogène**



## 2. L'acide ascorbique

L'acide ascorbique est constitué d'un cycle lactone qui porte une fonction ène-diol et deux fonctions alcool. Dans la nature, il existe sous deux formes (figure 2) ; la forme réduite qui est l'acide ascorbique (AA) et la forme oxydée ; l'acide déhydroascorbique (DHA) beaucoup plus rare. L'acide ascorbique se trouve en quantités élevées dans les tubercules immatures (primeurs) et ceux fraîchement récoltés, environ de 30 à 40 mg/100 g de poids frais.



**Figure 2:** Structure des deux formes de l'acide ascorbique (Rose et Bode, 1993)

L'ascorbate est un bon capteur de radicaux libres oxygénés puisqu'il réagit avec les radicaux hydroxyles OH<sup>•</sup> (Rose et Bode, 1993). L'acide ascorbique réduit le taux de la CRP (C-reactive protein) qui est un marqueur de l'inflammation (Podsędek, 2005).

Une des théories expliquant le vieillissement est celle du stress oxydatif. Dans ce cadre, la vitamine C semblerait jouer un rôle protecteur ; certaines hypothèses soulignent son rôle dans le maintien des fonctions cognitives. Au niveau cérébral, le métabolisme des dérivés de l'oxygène et des radicaux libres peut entraîner un vieillissement accéléré et l'apparition des signes histopathologiques de la maladie d'Alzheimer. Grâce à ses propriétés antioxydantes, la vitamine C peut contribuer à lutter contre ce phénomène (Bourgeois, 2004).

### 3. Les composés phénoliques

Les polyphénols sont des métabolites secondaires des plantes (Ribéreau-Gayon, 1991 ; Bruneton, 1999), où ils ont diverses fonctions telles que la défense contre les rayons ultra-violets et les agressions des pathogènes (Remezy *et al.*, 1996). L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'au moins un noyau benzénique auquel est directement lié au moins un groupe hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction : ether ou ester (Manach *et al.*, 2004).



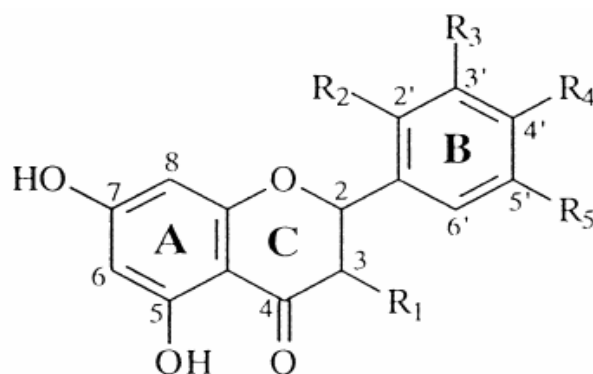
Les composés phénoliques sont classés en différents groupes selon le nombre de cycles phénoliques qu'ils contiennent, ainsi que les éléments qui se lient à leur structure cyclique (Scalbert *et al.*, 2005 ; Balasundram *et al.*, 2006).

Les propriétés antioxydantes des polyphénols relèvent de leur haute réactivité en tant que donneurs d'hydrogène ; le radical polyphénolique est apte à la stabilisation et à la délocalisation des électrons célibataires (rupture de la chaîne radicalaire). Ce sont de bons capteurs des radicaux hydroxyles et peroxydes (Borel *et al.*, 2005). Ils sont donc susceptibles d'inhiber les réactions en chaîne de la peroxydation lipidique, mais d'une manière moins efficace que l' $\alpha$ -tocophérol. Après leur action antioxydante, ils sont oxydés à la forme phénoxyde (Mennen *et al.*, 2005), ils ont aussi la capacité de fixer les métaux de transition (Cheynier, 2005).

### **3.1. Les flavonoïdes**

Le terme flavonoïdes désigne une très large gamme de composés naturels comportant plus de 8000 composés. Ils sont considérés comme des pigments quasi-universels (Bruneton, 1999). Ils possèdent tous le même élément structural de base qui est l'enchaînement 2-phényl-chromane constitué de quinze atomes de carbone, constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C<sub>6</sub> (A et B) reliés par une chaîne en C<sub>3</sub> (figure 3). Sur la base du type de liaison à l'hétérocycle, les flavonoïdes se répartissent en plusieurs classes de molécules dont les flavones, les flavonols, les flavanones, les dihydroflavonols, les isoflavones, les isoflavanones, les chalcones, les aurones et les anthocyanes. Ils se rencontrent à la fois sous forme libre ou sous forme glycosylée (Ribéreau-Gayon, 1991).

Les flavonoïdes majoritaires de la pomme de terre sont les flavones représentés par la lutéoline, l'apigénine et la chrysin (Grison, 1983).



Composé	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>5</sub>
Apigénine	H	H	H	OH	H
Chrysin	H	H	H	H	H
Lutéoline	H	H	OH	OH	H

**Figure 3:** Structure des flavonoïdes (Manach *et al.*, 2004)

### 3.1.1. Activité antioxydante

#### a) Capture directe des radicaux libres

La propriété des flavonoïdes la mieux décrite est leur activité antioxydante et leur capacité à piéger les radicaux libres dont les radicaux hydroxyles ( $\cdot\text{OH}$ ), les anions superoxydes ( $\text{O}_2^{\cdot-}$ ) et les radicaux peroxy-lipidiques (Hollman *et al.*, 1996). Les glycosides sont des antioxydants moins efficaces que les aglycones (Yanishlieva-Maslarova, 2001). Les flavonoïdes possèdent une structure chimique aromatique permettant une délocalisation électronique importante, donc une stabilisation de leurs formes radicalaires (Mira *et al.*, 2002 ; Lin et Weng, 2006).

#### b) Interaction avec les cations métalliques

Le peroxyde d'hydrogène est un intermédiaire réduit de l'oxygène qui est relativement toxique ; la toxicité de cette molécule provient essentiellement de sa capacité à générer le radical hydroxyle.

Les ions métalliques de l'organisme, comme le fer ou le cuivre, peuvent être à l'origine de la production de radicaux hydroxyles très réactifs à partir de l'espèce moins réactive (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) via la réaction de Fenton (Ghedira, 2005) :



Les flavonoïdes possèdent la capacité de former des complexes stables avec les ions métalliques et sont alors aptes d'inhiber la réaction de Fenton et d'empêcher ainsi la production des espèces réactives d'oxygène (ERO) (Gardés-Albert *et al.*, 2003).

### **c) Inhibition d'enzymes**

La cyclooxygénase (COX) et la lipooxygénase, enzymes considérées comme d'importants médiateurs du processus inflammatoire ; elles sont impliquées dans la libération de l'acide arachidonique constituant un point de départ de la réponse inflammatoire. Le métabolisme de l'acide arachidonique conduit à la production de plusieurs métabolites pro-inflammatoires comme certaines prostaglandines et des ERO. L'inhibition de la cyclooxygénase et de la lipooxygénase par les flavonoïdes est bénéfique et elle est considérée comme une action chemopréventive (Nijveldt, 2001).

## **3.1.2. Propriétés biologiques des flavonoïdes**

### **3.1.2.1. Inhibition des protéines impliquées dans la carcinogénèse**

La famille des transporteurs ABC (ATP-Binding-Cassette) regroupe les protéines membranaires, qui transportent une multitude de substances dont les ions, les substances anticancéreuses, ainsi que les antibiotiques (Kerr *et al.*, 2005). Chez l'homme, plusieurs protéines du transport membranaire sont impliquées dans la résistance des cellules tumorales aux médicaments anticancéreux, les BCRP (Breast Cancer Resistance Protein) sont spécifiques au cancer du sein. Ces protéines utilisent l'ATP pour l'expulsion cellulaire des médicaments (Suschetet *et al.*, 1996).

Les flavonoïdes possèdent une structure qui leur permet d'exercer une action anti-carcinogène en inhibant l'activité des BCRP.

La présence de la double liaison (C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>) dans les flavones (apigénine) augmente l'activité d'inhibition des BCRP de 6 à 19 fois par rapport à celle des flavanones ; la double liaison (C<sub>2</sub>-C<sub>3</sub>) est donc un critère essentiel pour l'inhibition des BCRP (Marfak, 2000).

### **3.1.2.2. Effet sur les protéines de détoxification**

Les enzymes impliquées dans la phase II de la détoxification permettent de rendre les xénobiotiques plus hydrosolubles pour faciliter leur élimination par le corps humain, il s'agit des transférases représentées par la glutathion S-transférase (GST) et de l'UDP-glucuronosyltransférase (UGT). L'activation de ces enzymes est le mécanisme majeur dans la chimio-prévention du cancer. Plusieurs études se sont focalisées sur la capacité des flavonoïdes à prévenir la cancérogenèse en activant les enzymes de la phase II. Les flavones augmentent l'activité de ces deux enzymes et préviennent ainsi de la cancérogenèse (Suschetet *et al.*, 1996).

### **3.1.2.3. Effet sur l'athérosclérose**

L'oxygène singulet et les espèces réactives de l'oxygène sont incriminés dans la pathologie de l'athérosclérose ; ils affectent les parois des cellules endothéliales et par conséquent provoquent des changements athérosclérotiques. Les lipides sont les constituants essentiels des membranes cellulaires et des lipoprotéines. L'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL) est en partie la cause des lésions dues à l'accumulation des dépôts lipidiques (essentiellement le cholestérol) dans les vaisseaux sanguins. Grâce à leurs propriétés antioxydantes, les flavonoïdes semblent avoir une influence sur cette pathologie ; *in vitro*, ils ont un rôle inhibiteur sur l'oxydation des LDL. Les acides gras polyinsaturés sont oxydés en présence de radicaux libres et d'un cation métallique (Fe<sup>2+</sup> ou Cu<sup>2+</sup>), les flavonoïdes peuvent intervenir à différents niveaux de ce processus de peroxydation ; ils sont capables de capturer directement les composés radicalaires, et ainsi d'interrompre la propagation de la réaction en chaîne radicalaire (Lambert *et al.*, 2005).

### 3.1.2.4. Effets protecteurs vasculaires

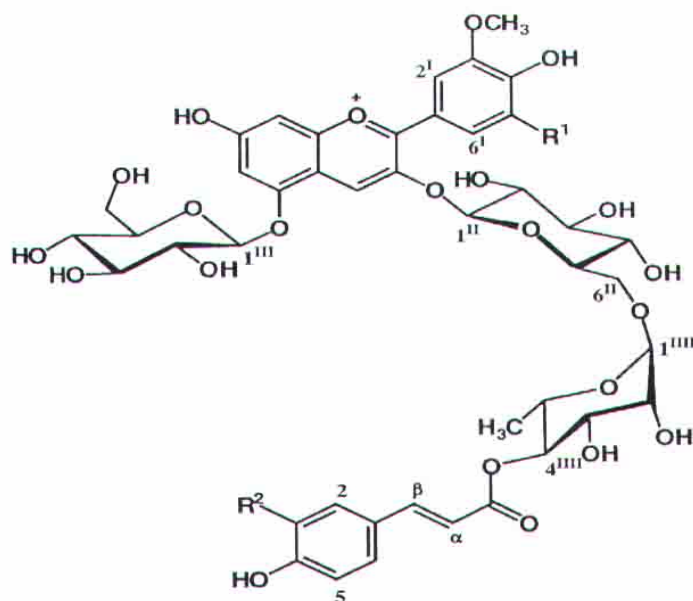
Les flavonoides interviennent dans le maintien d'une perméabilité vasculaire normale; ils sont également responsables d'une augmentation de la résistance des capillaires. Cette activité serait en rapport avec leur effet sur les plaquettes et les leucocytes ainsi que sur les enzymes intervenant dans la coagulation sanguine (Duffy et Robin, 2003).

## 3.2. Les anthocyanines

Les anthocyanines appartiennent au groupe des flavonoïdes, leur structure de base est le cation flavylum, de part la délocalisation des électrons de l'hétérocycle central (Alais et Linden, 1997) (figure 8). Elles sont glycosylées avec différents sucres simples tels que le glucose, rhamnose, xylose, le galactose, l'arabinose et le fructose (Lapornik *et al.*, 2005).

Les anthocyanines présentes dans la pomme de terre sont la pétunidine, la péonidine, la pétanine et la péonanine (figure 4). La pétunidine et la péonidine sont acylées avec l'acide caféique ; elles constituent 18% des anthocyanines totales de la pomme de terre, tandis que la pétanine et la péonanine sont acylées avec l'acide *p*-coumarique (Fossen *et al.*, 2003).

Composé	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>
Pétunidine	OH	H
Péonidine	H	OH
Pétanine	OH	H
Péonanine	H	H



**Figure 4 :** Structure des anthocyanines de la pomme de terre (Fossen *et al.*, 2003)

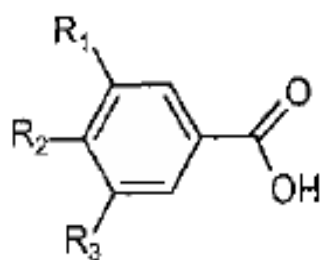
### 3.3. Les acides phénoliques

Le terme acide phénol peut s'appliquer à tous les composés organiques possédant au moins une fonction carboxylique et un hydroxyle phénolique (Bruneton, 1999).

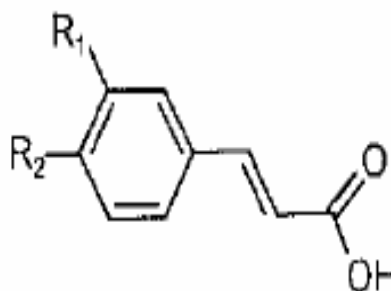
Deux classes d'acides phénoliques peuvent être distinguées : les dérivés des acides benzoïques et les dérivés des acides hydroxycinnamiques (figure 5). Les acides hydroxycinnamiques se rencontrent rarement chez les plantes exception faite pour certains fruits rouges. Ils sont représentés par les acides férulique, caféique (figure 6), *p*-coumarique et sinapique.

L'acide chlorogénique (figure 6) est formé à partir de l'union des acides caféique et quinique (Bruneton, 1999). Ces deux acides sont localisés dans le péricarpe et se trouvent en quantité deux fois plus importantes au talon qu'à la couronne.

La teneur en acide chlorogénique varie selon l'âge et la taille de tubercules de pomme de terre ; sa teneur varie de 0,13 à 0,70 % de poids sec (Grison, 1983).

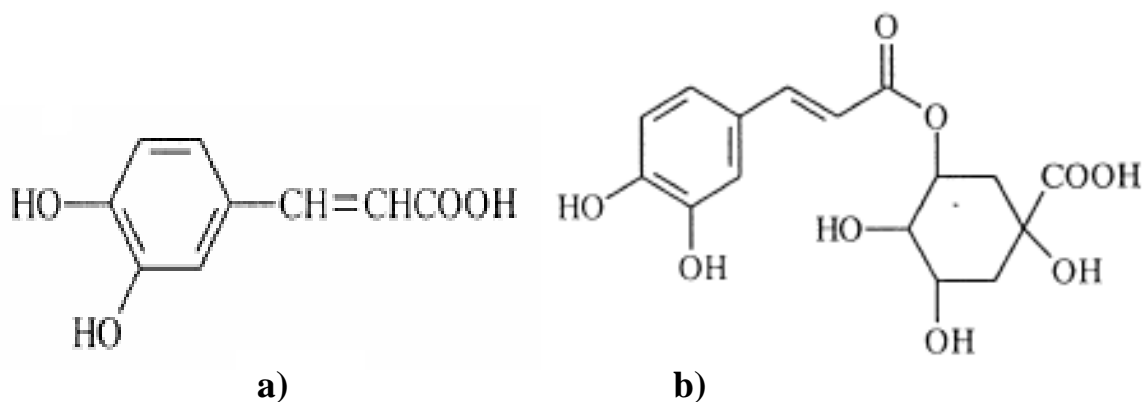


Acides hydroxybenzoïques



Acides hydroxycinnamiques

**Figure 5 :** Structure des deux types d'acides phénoliques (Bruneton, 1999)



**Figure 6 :** Structure des acides caféique (a) et chlorogénique (b) (Manach *et al.*, 2004)

### **3.3.1. Propriétés antioxydantes**

L'acide chlorogénique exerce plusieurs fonctions ; il est considéré comme un facteur de croissance pour la plante, il s'accumule aussi dans les sites d'infection au niveau des blessures (Colonna, 1970).

L'activité antioxydante des acides phénoliques et de leurs dérivés dépend du nombre et de la position des groupes hydroxyles liés aux cycles aromatiques; ils exercent une activité scavenger sur les radicaux libres (Olthof *et al.*, 2001 ; Andjelkovic *et al.*, 2007).

L'acide caféique exerce une activité anti-oxydante plus élevée que celle des acides férulique et coumarique (Clifford, 2001). Les acides hydroxycinnamiques sont de meilleurs antioxydants par rapport aux acides hydroxybenzoïques, ce qui est peut être dû au groupe  $\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$  des acides hydroxycinnamiques, qui assure une stabilisation radicalaire plus élevée que la fonction carboxyle des acides hydroxybenzoïques (Yanishlieva-Maslarova, 2001).

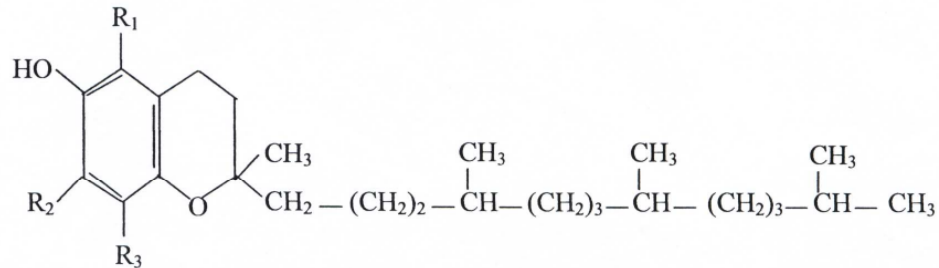
### **3.3.2. Propriétés anti-cancérigènes**

Les nitrates d'origine alimentaire semblent peu toxiques à court terme ; mais leur transformation en nitrites est dangereuse. En effet, ces substances peuvent donner naissance, en se combinant à des amines dans l'organisme humain, à des nitrosamines (Dacosta, 1999). Ces dernières ont un potentiel cancérigène, les cellules ne peuvent plus assurer l'intégrité de leur ADN. Parmi les molécules ayant une action anti-nitrosante figure l'acide chlorogénique, qui peut prévenir des réactions de nitrosation toxiques. Une approche a été adoptée ; il s'avère que l'acide chlorogénique attaque l'ion nitrosonium des nitrosamines pour former un adduit nitrosé (D'Ishia, 2005).

## **4. Les tocophérols**

Ils sont formés d'un noyau hydroxychromane (figure 7) porteur de substituants méthyle et d'une chaîne terpénique, le radical phytyle (Berruti, 1985). La pomme de terre cuite dans l'eau contient 0,06 mg d' $\alpha$ -tocophérol /100g de poids frais (Chun *et al.*, 2006).

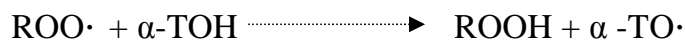
Les caractéristiques de l'hydrophobicité des tocophérols déterminent le niveau topographique de leur action ; en effet, l' $\alpha$ -tocophérol intervient sans délai grâce à sa position privilégiée au niveau des membranes cellulaires et des parois vasculaires et au sein des lipoprotéines où ils captent les radicaux peroxyde (Duffy et Vita, 2003).



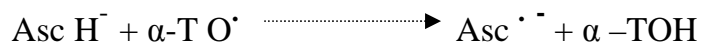
- R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub> et R<sub>3</sub> = CH<sub>3</sub>       $\alpha$ -tocophérol
- R<sub>1</sub> et R<sub>3</sub> = CH<sub>3</sub>, R<sub>2</sub> = H     $\beta$ -tocophérol
- R<sub>1</sub> = H, R<sub>2</sub> et R<sub>3</sub> = CH<sub>3</sub>     $\gamma$ -tocophérol
- R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> = H, R<sub>3</sub> = CH<sub>3</sub>     $\delta$ -tocophérol

**Figure 7:** Structure de base des tocophérols (Pelletier *et al.*, 1985)

Les tocophérols sont de puissants antioxydants ; ils agissent par transfert d'un atome d'hydrogène du groupement hydroxyle libre du noyau phénolique au radical peroxyde. L' $\alpha$ -tocophérol ( $\alpha$ -TOH) est capable d'inhiber la peroxydation, il interagit avec un radical libre selon la réaction:



La molécule perd facilement un atome d'hydrogène et se transforme en radical tocophéryl, tandis que le radical peroxyde est réduit en hydroperoxyde (Pincemail *et al.*, 1998 ; Johnson, 2001). Le radical tocophéryl est régénéré de la forme chromanoxyle à la forme chromanol par l'acide ascorbique. L'acide ascorbique à son tour, est oxydé en acide déhydroascorbique (Léger, 2006).



L' $\alpha$ -tocophérol est connu pour sa faible capacité de piégeage dans le système de l'oxydation de l'oxygène singulet. Le mécanisme de la séquestration consiste en un transfert d'un électron, formant ainsi un complexe conduisant à la forme triplet de l'oxygène (Duffy et Vita, 2003).



*Partie  
expérimentale*

# *Matériel et méthodes*

## ***Matériel et méthodes***

### **1. Matériel végétal**

La présente étude est effectuée sur cinq variétés de pomme de terre (*Solanum tuberosum*) (figure9) cultivées dans la wilaya de Béjaia, en plein champ, en incluant une variété importée de Hollande (tableau I).

La récolte des variétés de pomme de terre a été faite selon un mode aléatoire appelé échantillonnage systématique. Un échantillon contient des tubercules provenant de différents plants de pomme de terre, et pèse environ 1 Kg.

### **2. Cuisson de la pomme de terre**

Les procédés de cuisson effectués sont établis selon Turkmen *et al.* (2005).

#### **2.1. Cuisson dans l'eau**

##### **2.1.1. Pomme de terre épluchée**

Après lavage à l'eau, les pommes de terre sont découpées en cubes de 2 cm<sup>3</sup>. Une quantité de 100g de pomme de terre est cuite dans 500 ml d'eau pendant 30 minutes. La pomme de terre issue de cette cuisson est désignée CE.

##### **2.1.2. Pomme de terre non épluchée**

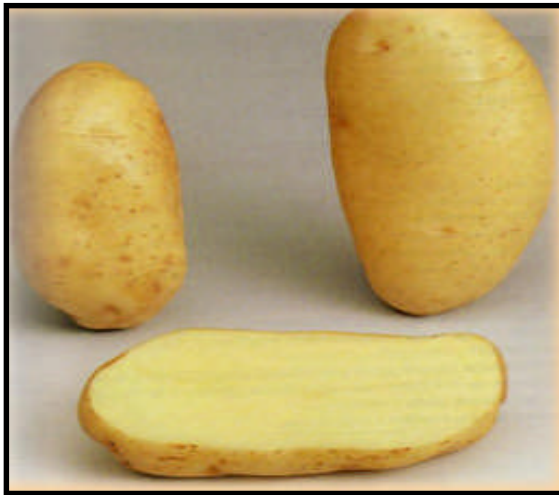
Les conditions de cuisson sont semblables au premier mode mais la pomme de terre est cuite entière avec la peau pendant 30 minutes. Elle est désignée CP.

#### **2.2. Cuisson à la vapeur**

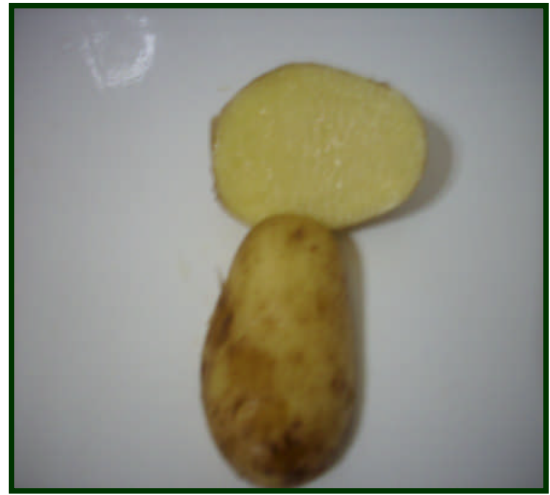
Une quantité de 100g de pomme de terre (cubes de 2 cm<sup>3</sup>) est cuite à la vapeur pendant 30minutes ; elle est désignée CV.

#### **2.3. Cuisson au four**

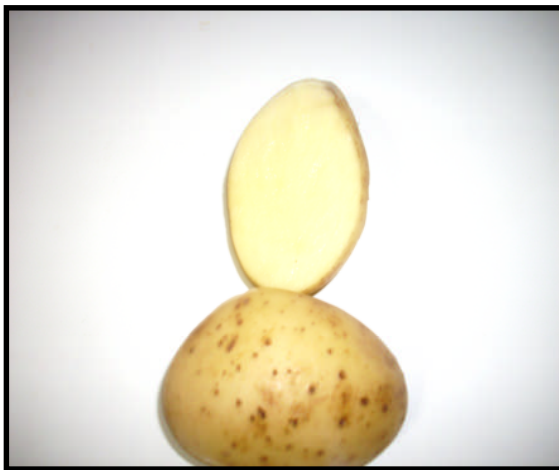
La pomme de terre entière est cuite au four pendant 30 minutes à une température de 220 C° (CF).



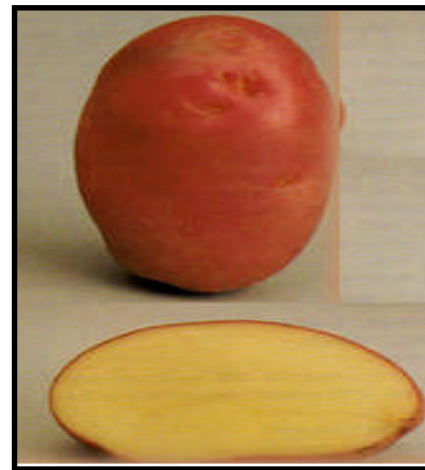
**Spunta**



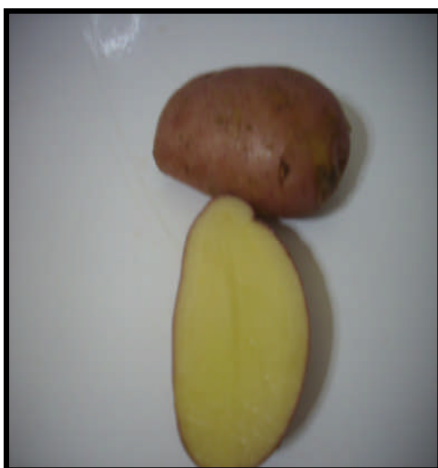
**Timate**



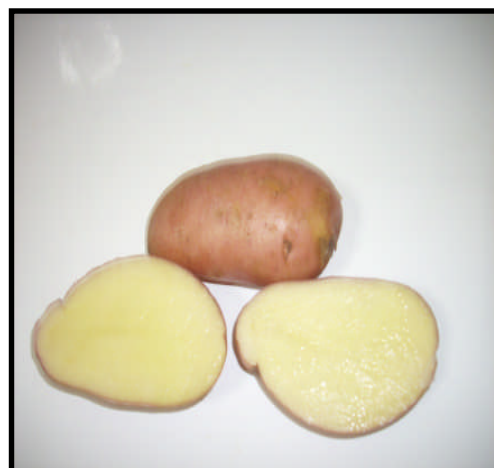
**Safrane**



**Désirée**



**Bartina 1 (Locale)**



**Bartina 2 (Importée)**

**Figure 8 : Morphologie des variétés de pomme de terre**

**Tableau IV:** Caractéristiques des variétés de pomme de terre

Variété	Origine	Date de récolte	Caractéristiques
Bartina 1	Smaoun	Février 2008	Gros tubercules à chair blanche ferme, peau rouge, assez bonne teneur à la cuisson
Bartina 2	Importation (Hollande)		
Désirée	Smaoun		Tubercule de gros calibre, à peau rouge, à maturité moyenne à demi tardive ; possède une assez bonne tenue à la cuisson.
Spunta	El-Kseur	Mars 2008	Petit calibre à chair blanche, à maturité précoce, tubercule allongé, régulier ; bonne tenue à la cuisson
Safrane	Tichy	Avril 2008	Petit calibre, de forme allongée, à chair jaune
Timate	Timzrit	Février 2008	Petit calibre, peau de couleur marron foncée, à chair blanche.

### 3. Teneur en eau

La teneur en humidité est déterminée selon la méthode de Gordon et Loisel (1984) ; elle consiste au séchage de 2 g de pomme de terre à 103 °C jusqu'à poids constant. Les résultats sont exprimés en pourcentage :

$$H\% = [(P_0 - P_1) / P] * 100$$

Où :  $P_0$  : Poids initial de l'échantillon avec le creuset

$P_1$  : Poids de l'échantillon et du creuset après séchage

$P$  : Prise d'essai.

### 4. Dosage des antioxydants

#### 4.1. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont extraits par la méthode Sass-Kiss *et al.* (2005) ; 10ml du mélange hexane : acétone : éthanol (2 : 1 : 1) sont ajoutés à 1g de broyat de

pomme de terre. Après une agitation de 15 minutes et séparation de phases, la phase supérieure est récupérée. L'absorbance est mesurée à 450 nm.

La teneur en caroténoïdes est estimée en mg/100g de matière sèche, en se référant à une courbe d'étalonnage ( $\beta$ -carotène) (figure 2, annexe I).

## **4.2. L'acide ascorbique**

L'acide ascorbique est extrait à partir d'un gramme de pomme de terre avec 5ml d'acide citrique. L'extrait est centrifugé (4000 rpm pendant 10 minutes) et filtré. La quantité d'acide ascorbique est déterminée selon la méthode du 2,6 dichlorophénolindophénol (DCPIP) (Georgea *et al.*, 2004); 0,5 ml de filtrat sont additionnés de 1,5 ml de DCPIP. L'absorbance est mesurée à 515 nm.

La teneur en acide ascorbique est estimée en se référant à une courbe standard obtenue avec l'acide ascorbique; elle est exprimée en mg/100g de matière sèche (figure 1, annexe I).

## **4.3. Les composés phénoliques**

### **4.3.1. Préparation des extraits**

Environ 50g de pomme de terre cuite sont broyés ; 12,5 g sont ajoutés à 50 ml de solvant (eau distillée ou éthanol). Le mélange subit une agitation de 30 minutes, suivie d'une centrifugation à 4000 rpm pendant 30 minutes (Mau *et al.*, 2005).

### **4.3.2. Les composés phénoliques totaux**

Le dosage des composés phénoliques est réalisé selon la méthode de Iqbal et Bhanger (2006). Deux cent microlitres d'extrait sont mélangés avec 750  $\mu$ l du réactif Folin-Ciocalteu. Après 3 minutes, 800  $\mu$ l de carbonate de sodium (7,5%) sont rajoutés et l'absorbance est mesurée à 720 nm.

Les teneurs en composés phénoliques sont estimées en se référant à une courbe d'étalonnage à l'aide de l'acide gallique et exprimées en mg/100g de matière sèche. Les courbes d'étalonnage des extraits aqueux et éthanoliques sont sur les figures 3 et 4, respectivement dans l'annexe I.

### **4.3.3. Les flavonoïdes**

Le dosage des flavonoïdes est réalisé selon la méthode de Biglari *et al.* (2007) ; 200µl d'extrait sont mélangés avec 800 µl d'eau distillée et 60 µl de nitrite de sodium à 5%. Après 5 minutes, 300 µl de chlorure d'aluminium à 1% sont additionnés. Après 6 min, 400 µl de soude sont rajoutés au mélange. L'absorbance est mesurée à 510 nm.

Une courbe d'étalonnage est préparée avec la catéchine ; les teneurs en flavonoïdes sont exprimées en mg/100g de matière sèche (figure 5, annexe I).

### **4.3.4. L'acide chlorogénique**

Un volume de 0.5 ml d'extrait est additionné de 1ml du mélange urée-acide acétique (0.10M), 0,5ml d'eau, 0.5 ml de nitrite de sodium 0,14 M et de 0,5ml de soude 0,5M. Le mélange est centrifugé à 4000 rpm (10 min). L'absorbance est mesurée à 510 nm.

Les teneurs en acide chlorogénique sont exprimées en mg/100g de matière sèche, en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide caféique. (figure 6, annexe I).

## **5. Activité antioxydante**

### **5.1. Activité antiradicalaire**

2,7 ml de la solution du radical 1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) sont rajoutés à 300µl d'extrait. L'absorbance est mesurée à 516 nm (Zhou et Yu, 2006).

Les résultats de l'inhibition du radical DPPH sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique/100g de matière sèche, en se référant à une courbe d'étalonnage. Les courbes d'étalonnage des extraits aqueux et éthanoliques sont sur les figures 7 et 8 respectivement, annexe I.

### **5.2. Pouvoir réducteur**

Le pouvoir réducteur est l'aptitude des antioxydants présents dans la pomme de terre à réduire le fer ferrique en fer ferreux en présence d'un agent chromogène (le ferricyanure de potassium), dans un milieu acidifié par l'acide trichloracétique (TCA).

La méthode utilisée est celle proposée par Yildirim *et al.* (2001) ; 250 µl d'extrait sont mélangés à 250µl de tampon phosphate (0,2M, pH 6,6) et de ferricyanure de potassium (1%).

Après incubation à 50 °C pendant 20 min., 250 µl de TCA sont rajoutés, puis le mélange est centrifugé à 3000 rpm pendant 10 min. ; 1ml du surnageant est mélangé à 1ml d'eau distillée et 200µl de chlorure ferrique (0,1%) et l'absorbance est mesurée à 700 nm.

Les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide ascorbique/100g de matière sèche (figure 9, annexe I).

### **5.3. Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique**

L'activité antioxydante des extraits est déterminée selon la méthode de Iqbal et Bhanger (2006).

Une aliquote de 0,5 ml d'extrait est additionnée de 5 ml d'acide linoléique (dans l'éthanol à 70%) ; le mélange est incubé à 50 °C pendant 10 jours. Des aliquotes de 0,1 ml sont prises tous les deux jours, durant l'incubation. Le degré d'oxydation est mesuré par la méthode au thiocyanate : 0,1 ml du mélange incubé est additionné de 3,8 ml d'éthanol, 0,1 de thiocyanate d'ammonium (30%) et de 0,1ml de chlorure ferrique (0,02 mM). L'acide ascorbique et le BHA sont utilisés comme standards.

Après 3 min, l'absorbances est lue à 500 nm. L'inhibition de la peroxydation lipidique est exprimée par l'équation :

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = 100[1 - (A_1/A_0)]$$

**A<sub>0</sub>** : Absorbance du blanc

**A<sub>1</sub>** : Absorbance de l'échantillon

### **6. Analyse statistique**

Les paramètres analysés (apport en antioxydants et activité antioxydante) sont évalués en trois essais. L'analyse statistique des données est faite par une analyse de la variance (ANOVA/ MANOVA) et le test LSD (least significant difference) (STATISTICA 5.5) pour montrer les valeurs qui sont statistiquement différentes à P <0.05. Une analyse descriptive des résultats est réalisée à l'aide du logiciel Microsoft Office Excel 2003, afin de déterminer les moyennes et les écartypes. L'effet du mode de cuisson sur les différents composés antioxydants ainsi que sur l'activité antioxydante a été examiné par l'analyse détaillée pour chaque variété.



# *Résultats et discussion*

## Résultats et discussion

### 1. Les antioxydants

#### 1.1. Les caroténoïdes

Les résultats du dosage des caroténoïdes dans les variétés de pomme de terre sont présentés dans la figure 9. L'analyse statistique a permis de déceler des différences significatives ( $P \leq 0.05$ ) selon les variétés et le type de cuisson. Les pommes de terre cuites à la vapeur contiennent les teneurs les plus élevées, avec une teneur moyenne de 3 mg/100g. La variété Désirée est la plus riche avec une teneur de 12 mg/100g. Les autres variétés ont des teneurs comprises entre 0,7 mg/100g (Timate) et 2mg/100g (Bartina 2).

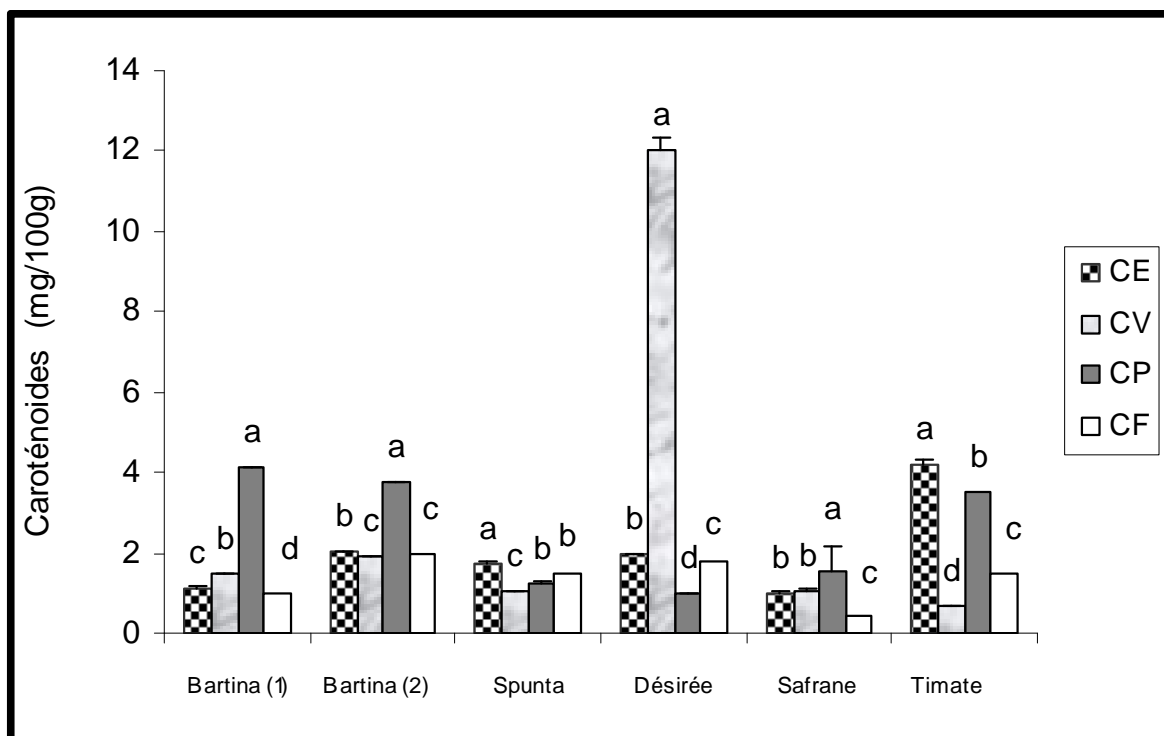
La cuisson dans l'eau donne des teneurs qui varient de 1 mg/100g (Safrane) à 4,2mg/100g (Timate). Les plus faibles apports en caroténoïdes sont affiliés aux variétés cuites au four, avec des teneurs comprises entre 0,4 mg/100g (Timate) et 2mg/100g (Bartina 2).

Le découpage, le morcellement, et l'épluchage augmentent l'exposition de ces composés à l'oxygène, ceci est illustré par la différence obtenue entre les pommes de terre épluchées et non épluchées, en effet, ces dernières contiennent des teneurs en caroténoïdes inférieures à celles des pommes de terre épluchées cuites dans l'eau (exception faite pour les variétés Spunta et Désirée).

La teneur en caroténoïdes des aliments est influencée par différents facteurs tels que la variété, l'origine géographique des variétés (Rodriguez-Amaya, 1997).

Les caroténoïdes sont fortement insaturés ; ils s'oxydent rapidement avec, pour conséquence, la scission des molécules ; la chaleur est un facteur qui peut promouvoir l'isomérisation des caroténoïdes de la forme *trans* à la forme *cis* (Britton, 1983 ; Qiu *et al.*, 2009). De plus, la libération des acides organiques durant le découpage de la pomme de terre est un facteur qui provoque l'isomérisation (*trans-cis*) (Rodriguez-Amaya et Kimura, 2001). Lors de la cuisson dans l'eau, il se produit un échange direct entre les tissus de la pomme de terre et l'eau de cuisson.

D'après l'étude réalisée par Blessington (2005) sur l'effet du mode de cuisson sur la composition en caroténoïdes des pommes de terre, l'analyse par HPLC a révélé que les xanthophylles sont les caroténoïdes majoritaires. Il apparaît que les pommes de terre cuites à l'eau et cuites au four contiennent 0,16 et 0,18mg/100g de matière fraîche (MF), respectivement. Dans notre étude, un résultat similaire est obtenu avec les variétés Désirée et Safrane.



**Figure 9 :** Teneurs en caroténoïdes des variétés de pomme de terre

CE : Cuisson à l'eau ; CV: Cuisson à la vapeur ; CP : Cuisson à l'eau, avec la peau; CF : Cuisson au four.

\*Les barres verticales en T représentent les écartypes

\*Les lettres a, b, c et d diffèrent d'un groupe à un autre

## 1.2. L'acide ascorbique

Les résultats du dosage de l'acide ascorbique sont illustrés dans la figure 10. L'analyse statistique montre des différences significatives entre les modes de cuisson et les variétés ( $p \leq 0.05$ ).

Les pommes de terre cuites à la vapeur contiennent les teneurs les plus élevées en acide ascorbique, avec une moyenne de 10,3 mg/100g.

La teneur maximale pour ce mode de cuisson (14,4 mg/100g) est enregistrée pour la Bartina 2, suivie par la variété Timate (12 mg/100g) ; la variété Désirée contient la plus faible teneur qui est de 7,7 mg/100 g.

Concernant la cuisson dans l'eau, la plus haute teneur en acide ascorbique est celle de la variété Bartina 2 estimée à 9,4 mg/100g ; la Bartina 1 ne contient pas d'acide ascorbique. Les autres variétés présentent des teneurs relativement faibles allant de 0,6 (Spunta et Désirée) à 2,6 mg/100g (Safrane).

La teneur maximale en acide ascorbique obtenue après cuisson avec la peau, dans l'eau, est celle de la variété Bartina 2 contenant 12,75mg/100g ; pour la Bartina 1, la teneur en cette vitamine est nulle. La teneur moyenne pour ce mode cuisson est de 5 mg/100g.

Pour la cuisson au four, la teneur moyenne en acide ascorbique des variétés étudiées n'est que de 1,3 mg/100g. Les apports en cet acide varient entre 0,4 (Spunta) et 2,6 mg/100g (Désirée) ; la teneur de variété Bartina 2 est nulle.

Nos résultats indiquent donc que la teneur en acide ascorbique est aussi influencée par l'origine géographique des variétés. Cela est probablement dû à la différence du climat, des conditions de culture, etc.

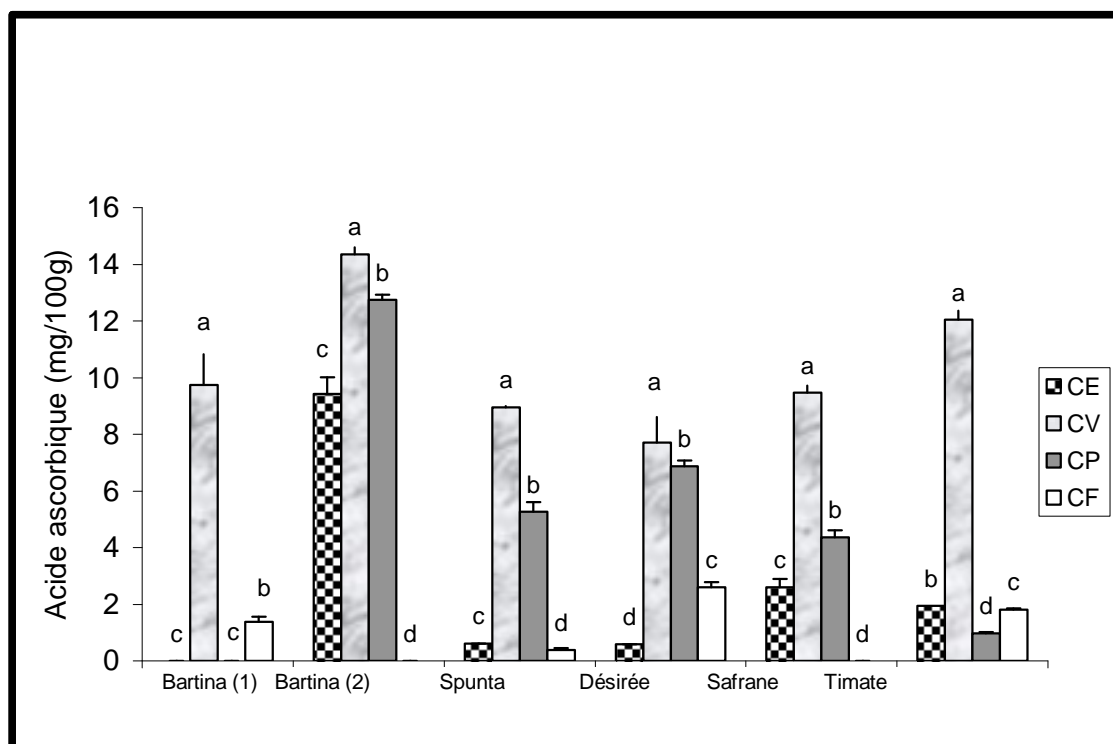
Burgos *et al.* (2008) ont montré que les pommes de terre cuites à l'eau avec la peau, contiennent des teneurs en acide ascorbique plus élevées que les pommes de terre cuites au four. Cela est confirmé par les résultats de la présente étude, sauf pour la variété Timate.

La vitamine C est très thermolabile ; les températures utilisées pour ce type de cuisson peuvent aller de 160 jusqu'à 180 °C (Bourgeois, 2004).

Les teneurs en acide ascorbique des variétés de pomme de terre cuites avec ou sans la peau, dans l'eau, sont significativement différents ( $P \leq 0.05$ ) ; cela serait dû à la protection que confère la peau quant au contact direct avec l'eau de cuisson. Selon Burgos *et al.* (2008), les légumes épluchés sont plus exposés à l'eau de cuisson que ceux non épluchés ; par conséquent, ils sont plus sujets aux réactions d'hydrolyse; en outre, le délitement durant la cuisson augmente les pertes en acide ascorbique.

La divergence constatée entre les résultats de la présente étude et ceux de Burgos *et al.* (2008) réside dans la différence des variétés et des conditions climatiques de culture des pommes de terre étudiées. D'autres facteurs dont la durée et le volume d'eau de cuisson aussi peuvent être une cause de cette différence.

Nos résultats concordent avec ceux obtenus par Berhadit et Schlich (2005); selon ces auteurs, le poivron cuit dans l'eau contient 100 mg d'acide ascorbique/100g, alors que la teneur après cuisson à la vapeur est de 125 mg/100g.



**Figure 10:** Teneur en acide ascorbique des variétés de pomme de terre

La vitamine C est perdue durant la cuisson des aliments par deux processus, soit par oxydation, ou par dissolution. Durant la dissolution, il y a entraînement de l'acide ascorbique dans les eaux de cuisson (Cheftel et Cheftel, 1977 ; Bernard et Carlier, 1992). Selon Nurssal et Yücecan (2007), le lavage, l'épluchage et le morcellement de la pomme de terre, induisent des pertes en acide ascorbique.

### **1.3. Les composés phénoliques totaux**

Les résultats du dosage des composés phénoliques totaux des variétés sont présentés dans les figures 11 et 12. L'analyse statistique révèle des différences significatives ( $P < 0,05$ ) selon la variété, le mode de cuisson ainsi que la nature du solvant d'extraction utilisé. Pour les extraits aqueux des pommes de terre cuites dans l'eau, la variété Bartina 1 est la plus riche avec une teneur de 267,8 mg/100g suivie de la variété Bartina 2 contenant 172 mg/100g. Les autres variétés possèdent des teneurs allant de 120,3 (Spunta) à 155,3 mg/100 g (Timate).

L'étude statistique indique aussi que la cuisson dans l'eau est le mode qui montre les plus faibles teneurs en polyphénols totaux, avec une moyenne de 167,8 mg/100 g et des teneurs comprises entre 120,3 (Spunta) et 267,8 mg/100g (Bartina 1). Les extraits des pommes de terre cuites au four, sont les plus riches en polyphénols ; leur teneur varie de 74,3 (Spunta) à 454,2 mg/100g (Safrane), avec une moyenne de 229,8mg/100 g.

Pour la cuisson à la vapeur, les teneurs en polyphénols totaux enregistrées varient de 91,4 (Spunta) à 306,9 mg/100g (Bartina 1).

Les teneurs des extraits éthanoliques en polyphénols sont nettement inférieures à celles des extraits aqueux ; dans le cas des pommes de terre cuites au four, les extraits aqueux et les extraits éthanoliques contiennent en moyenne, 229,8 et 128,9mg de polyphénols/100g, respectivement.

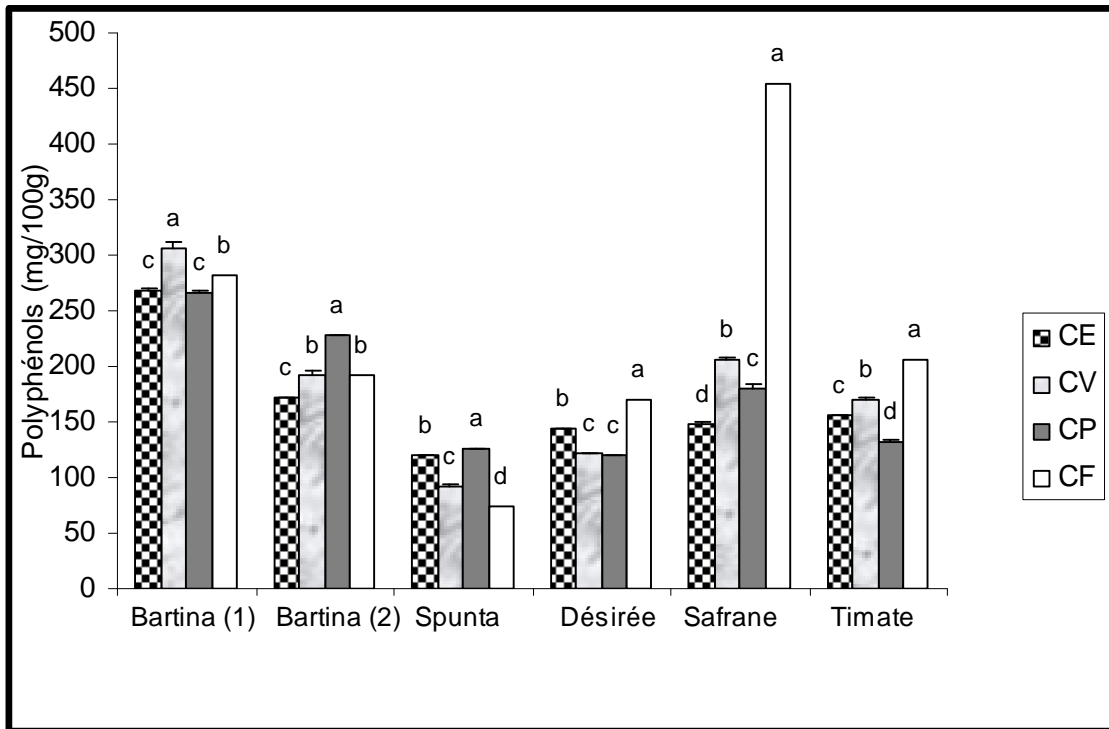


Figure 11: Teneur en polyphénols totaux des extraits aqueux des variétés de pomme de terre

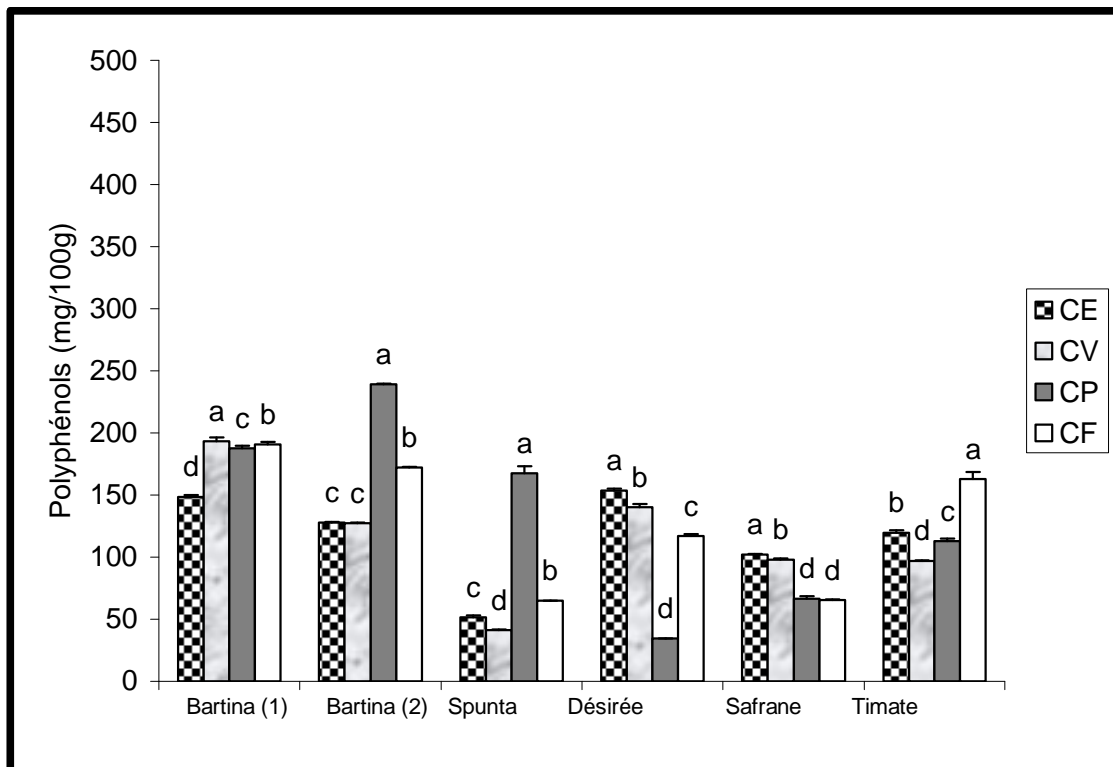


Figure 12: Teneur en polyphénols totaux des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre

Les extraits éthanoliques des pommes cuites dans l'eau (117,3 mg/100g) et des pommes de terre cuites à la vapeur (116,1 mg/100g) présentent les mêmes teneurs moyennes en composés phénoliques (figure 12). Pour certaines variétés, les teneurs sont significativement différentes pour ces deux modes de cuisson : les extraits de la Bartina 1 contiennent 148,5 mg/100g et 193,2 mg/100g, après cuisson dans l'eau et cuisson à la vapeur, respectivement.

Les extraits éthanoliques des pommes de terre cuites dans l'eau avec la peau et des pommes de terre cuites au four ont des teneurs moyennes semblables, 134,7 et 128,9 mg/100g, respectivement. Cependant, les extraits de certaines variétés présentent des différences significatives (figure 12). Les extraits de la variété Spunta contiennent 167,5 et 65 mg/100g, après cuisson dans l'eau avec la peau et cuisson au four, respectivement. Une situation inverse est constatée dans le cas des extraits de la variété Désirée dont les teneurs sont égales à 34,7 et 116,8 mg/100g. La différence constatée entre les teneurs en polyphénols des variétés étudiées peut être attribuée à la différence des génotypes et la région de culture.

Une transformation des polyphénols insolubles en composés solubles peut aussi avoir lieu induisant ainsi l'augmentation de leur solubilité dans l'eau, de ce fait leur haute teneur dans l'eau de cuisson, ce qui justifie leur taux faible dans l'aliment cuit.

Les plus grandes pertes sont dues au délitement et à la perte des composés phénoliques dans l'eau de cuisson, durant la cuisson à l'eau et lors de la cuisson à la vapeur.

La différence constatée entre les teneurs en polyphénols des variétés étudiées peut être attribuée au facteur variétal et aux conditions de culture. En effet, suite à un état de stress, l'activité de la phénylalanine ammonialyase (PAL) qui est une enzyme impliquée dans la synthèse des phénylpropanoïdes augmente (Montanari *et al.*, 2008).

L'étude menée par Faller et Fialho (2009) indique que pour la pomme de terre, la plus haute teneur en polyphénols totaux obtenue lors de la cuisson à l'eau est de 181,4mg/ml d'extrait ; cette valeur est supérieure à celle obtenue lors de la cuisson à la vapeur qui est estimée à 122,8 mg/ml d'extrait.



Pour l'ensemble des variétés étudiées, les extraits aqueux présentent des teneurs élevées par rapport aux extraits éthanoliques. Selon Turkmen *et al.* (2005), les polyphénols montrent une meilleure solubilité dans l'eau plus que dans l'éthanol, mais, il n'existe pas de spécificité d'extraction par l'eau. En effet, l'eau ne récupère pas seulement les composés phénoliques, mais aussi les glucides et les acides organiques (Chirinos *et al.*, 2009).

Les composés phénoliques présents dans les plantes peuvent être combinés à des glucides, à des protéines, où ils peuvent créer des dérivés polymérisés ayant une solubilité différente; la fraction osidique les rend plus solubles dans l'eau (Escribano-Baillon et Santos-Buelga, 2003). Deux mécanismes sont proposés par Faller et Fialho (2009) ; le premier est la formation de ponts hydrogène entre les groupements hydroxyle des polyphénols et les atomes d'oxygène des polysaccharides de la paroi cellulaire du légume, formant ainsi des gels dextrane capables d'encapsuler les polyphénols ; le second est basé sur la capacité des polysaccharides à développer des structures secondaires ayant le pouvoir de complexer les polyphénols.

#### **1.4. Les flavonoïdes**

Comme pour les composés phénoliques, les teneurs en flavonoïdes diffèrent selon la variété ainsi que le type de solvant utilisé. Les figures 13 et 14 illustrent les résultats du dosage des flavonoïdes. Les extraits montrent aussi des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ) entre les modes de cuisson.

Pour les extraits aqueux (figure 13), les teneurs moyennes varient de 62,4mg/100g (cuisson au four) à 103,8 mg/100g (cuisson à la vapeur). Les extraits de ce dernier mode de cuisson contiennent des teneurs en flavonoïdes, comprises entre 43,8mg/100g (Timate) et 160,5 mg/100g (Bartina 1).

Au cours de la cuisson au four, nous constatons l'effet inverse ; les extraits des variétés Bartina 1 et Timate présentent des teneurs de 7,2 et 89,7 mg/100g, respectivement.

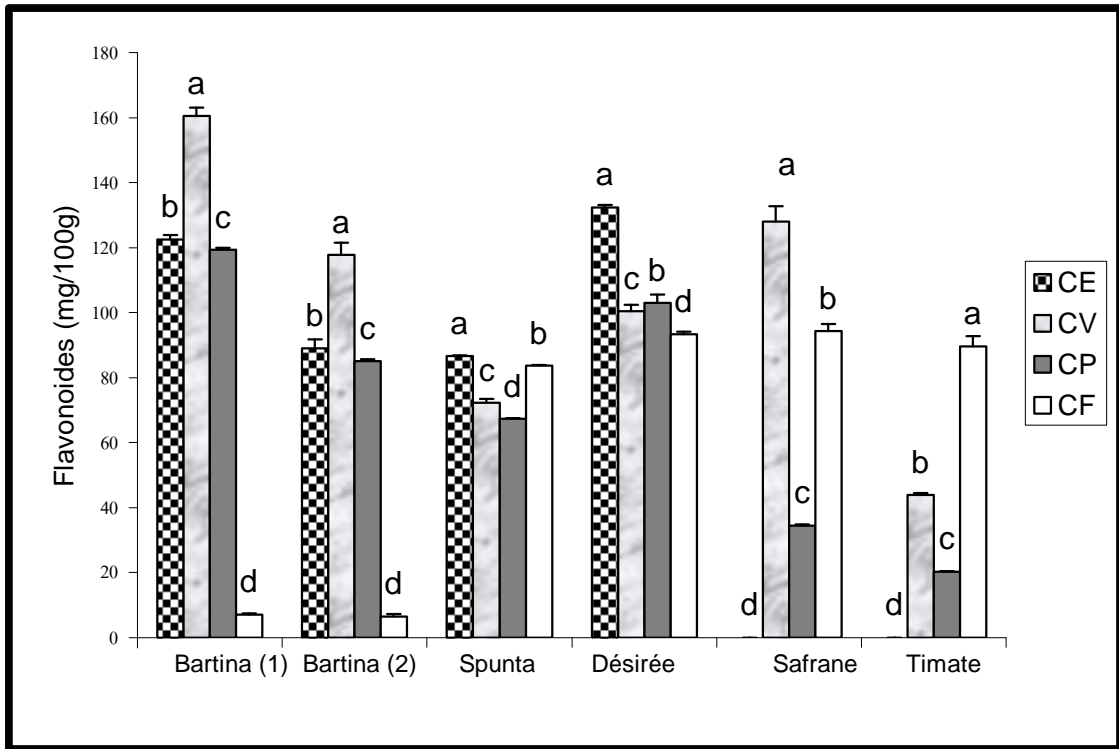


Figure 13: Teneur en flavonoïdes des extraits aqueux des variétés de pomme de terre

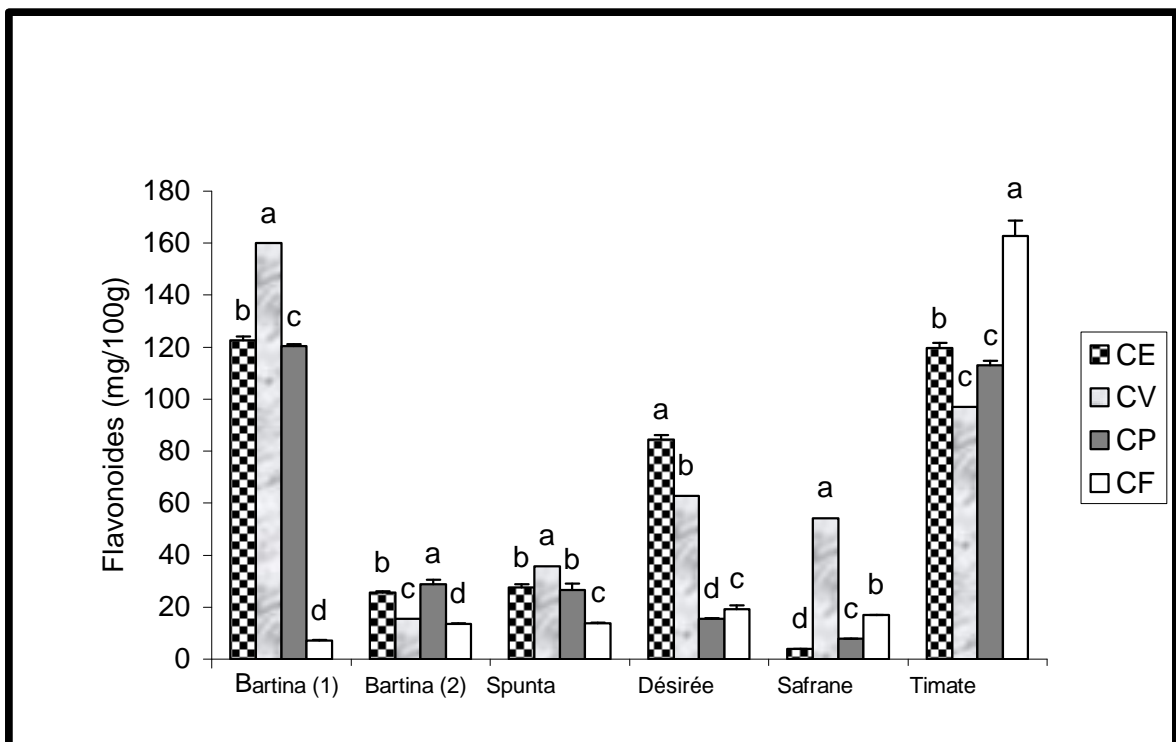


Figure 14: Teneur en flavonoïdes des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre

Pour les extraits éthanoliques (figure 14), les teneurs moyennes varient de 38,8 mg/100g (cuisson au four) à 70,9 mg/100g (cuisson à la vapeur). Ces résultats indiquent que l'eau permet d'extraire plus de flavonoïdes que l'éthanol ; pour la cuisson au four, les teneurs des extraits aqueux et des extraits éthanoliques sont de 62,4 et 38,8 mg/100g, respectivement.

Les extraits de certaines variétés présentent des teneurs en flavonoïdes négligeables, voire nulles. C'est le cas de la Safrane cuite dans l'eau et de la Bartina cuite au four.

Dans la présente étude, les extraits aqueux contiennent des teneurs en flavonoïdes supérieures à celles des extraits éthanoliques. Ce profil d'extraction est comparable à celui des composés phénoliques totaux. Cela peut être justifié par leur solubilité dans l'eau (solvant polaire) et la facilité avec laquelle ils peuvent échapper aux compartiments cellulaires de la pomme de terre ; en outre, la plupart des flavonoïdes existent sous forme d'hétérosides (Ribéreau-Gayon, 1991). D'après Makris *et al.* (2006), la fraction osidique liée à ces composés leur confère une bonne solubilité dans les solvants polaires.

Le résultat de la présente étude est différent de celui obtenu pour les extraits des noyaux de dattes ; pour ces extraits, l'eau présente une faible capacité à extraire les flavonoïdes (Al-Farsi *et al.*, 2008).

### **1.5. L'acide chlorogénique**

Les résultats du dosage de l'acide chlorogénique révèlent que les extraits aqueux (figure 15) contiennent des teneurs nettement supérieures à celles des extraits éthanoliques (figure 16).

Pour les extraits aqueux, les variétés Désirée et Safrane cuites à l'eau contiennent des teneurs faibles en acide chlorogénique par rapport aux autres variétés.

La cuisson des variétés de pomme de terre, à l'eau avec la peau, donne une teneur moyenne de 41,11 mg d'acide chlorogénique/100g. La variété Bartina 1 cuite à l'eau, avec la peau, est la plus riche en acide chlorogénique (126,47 mg/100g), contrairement à la variété Safrane dont la teneur est la plus faible (0,02 mg/100g).

Pour les autres variétés, les teneurs sont comprises entre 9,94 et 54,34 mg/100g (figure 15).

Concernant les extraits éthanoliques (figure 16), la variété Désirée possède les teneurs les plus élevées en acide chlorogénique pour les quatre modes de cuisson.

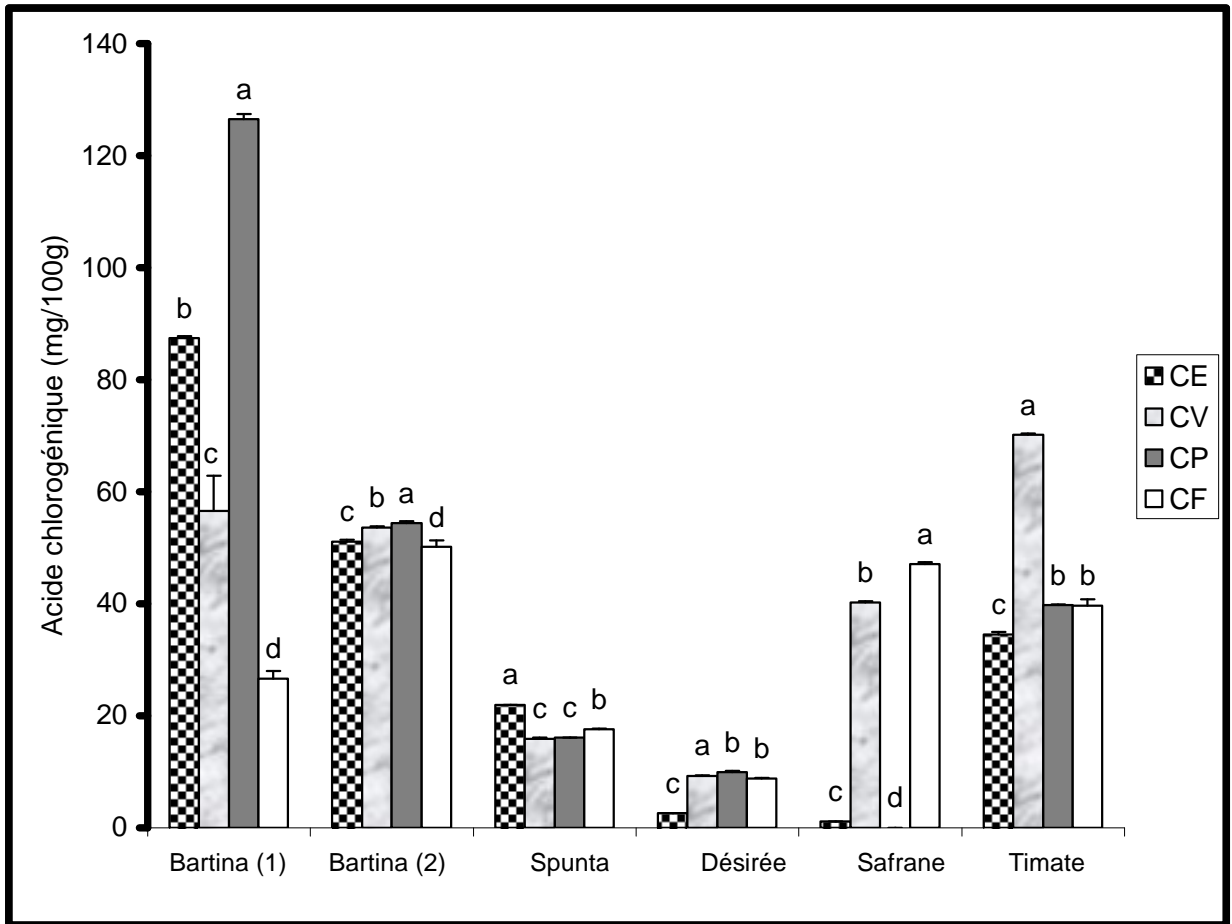
La cuisson à l'eau donne une moyenne de 1,28 mg/100g en acide chlorogénique.

Les pommes de terre de la variété Bartina cuites à l'eau, avec la peau, contiennent des teneurs de 1,66 et 1,07 mg/100g respectivement. Les autres variétés ont des teneurs allant de 0,22 à 0,38 mg/100g.

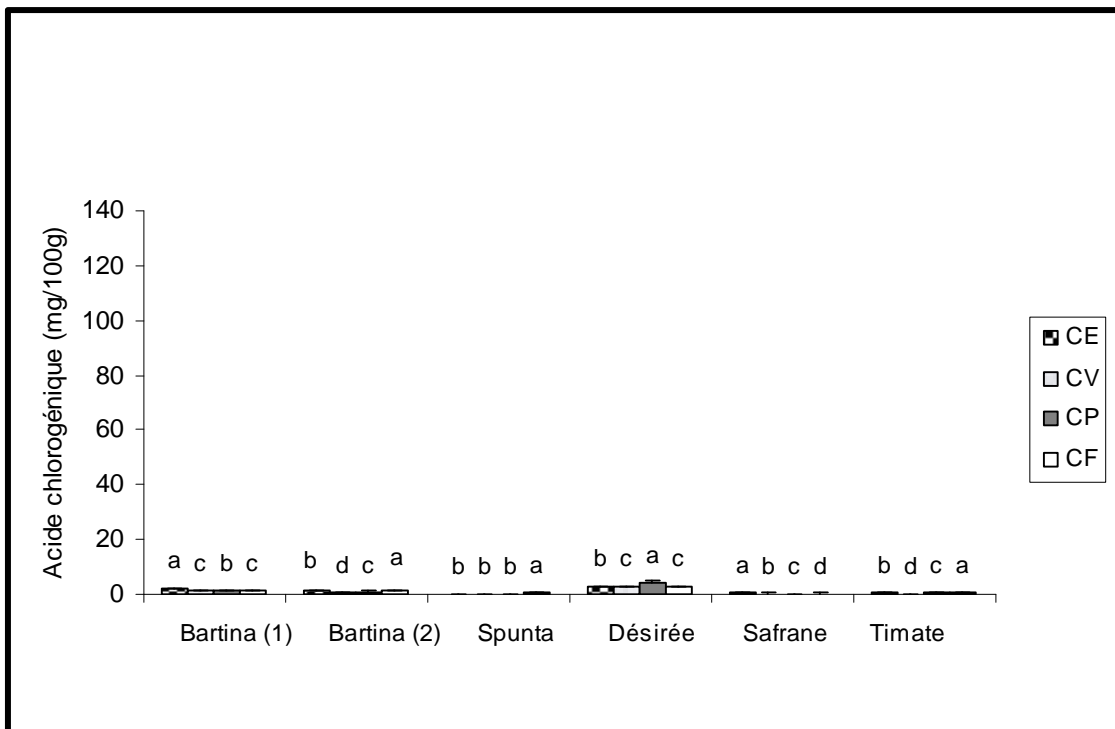
L'eau a permis d'extraire plus d'acide chlorogénique que l'éthanol. En effet, tous les acides phénoliques présents dans la pomme de terre, représentés principalement par l'acide chlorogénique, sont sous la forme soluble, du fait que l'hydrolyse libère seulement de petites quantités d'acides phénoliques insolubles liés (Mattila et Hellstrom, 2007).

D'autre part, ces auteurs ont montré que les teneurs en acide chlorogénique de la pomme de terre cuite dans l'eau varient de 2,4 à 12 mg/100g de MF, alors que la pomme de terre cuite à l'eau avec la peau contient 6,6mg/100g. Selon ces auteurs, les acides phénoliques sont stables dans les pommes de terre cuites à l'eau avec la peau.

La teneur de la pomme de terre en acide chlorogénique est influencée par le facteur variétal, mais également par les conditions climatiques ; les saisons pluvieuses et froides favorisent sa synthèse (Gravouelle et Poupard-Caron, 1991).



**Figure 15:** Teneur en acide chlorogénique des extraits aqueux des variétés de pomme de terre



**Figure 16:** Teneur en acide chlorogénique des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre

## 2. Activité antioxydante

### 2.1. L'activité antiradicalaire

L'activité antiradicalaire des extraits aqueux et des extraits éthanoliques est illustrée dans les figures 17 et 18, respectivement.

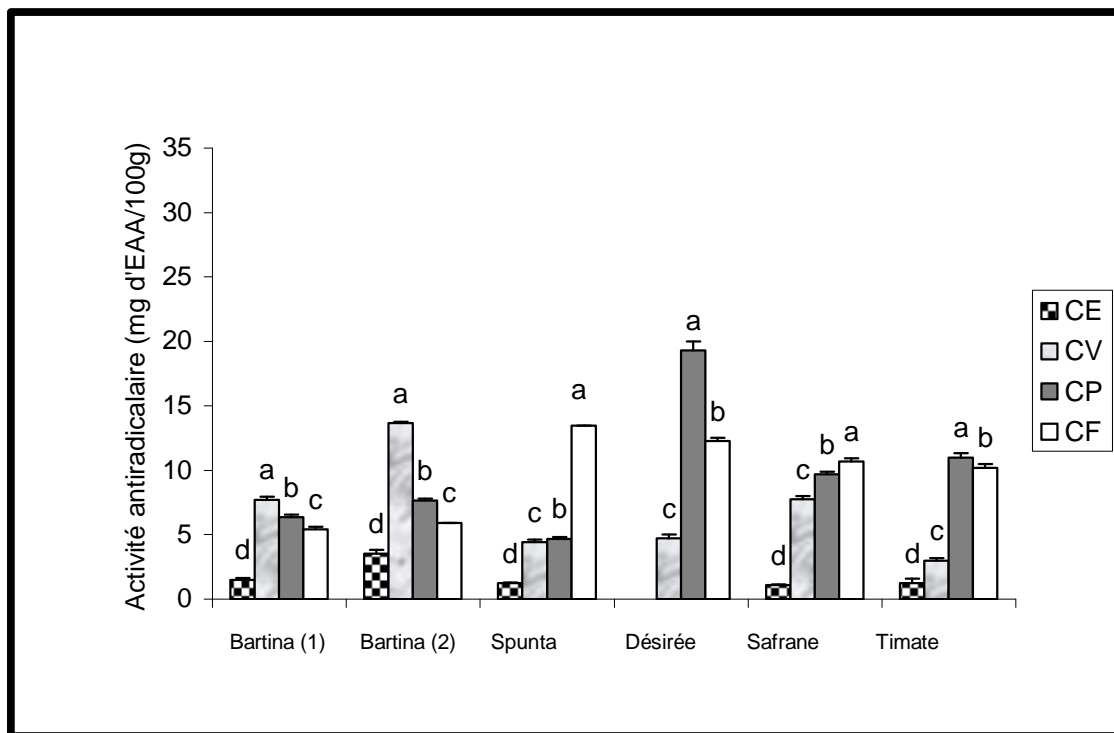
Les résultats obtenus indiquent que la variété Désirée cuite à l'eau avec la peau présente la plus haute activité antiradicalaire pour les extraits aqueux et les extraits éthanoliques, estimée à 19,3 et 28,5 mg EAA/100g. Pour les extraits aqueux, les valeurs obtenues pour les autres variétés sont comprises entre 4,6 (Spunta) et 10,9mg/100g (Timate).

Les pommes de terre cuites au four possèdent des activités antiradicalaires allant de 5,4 mg EAA/100g (variété Bartina 1) à 13,5mg EAA/100g (variété Spunta).

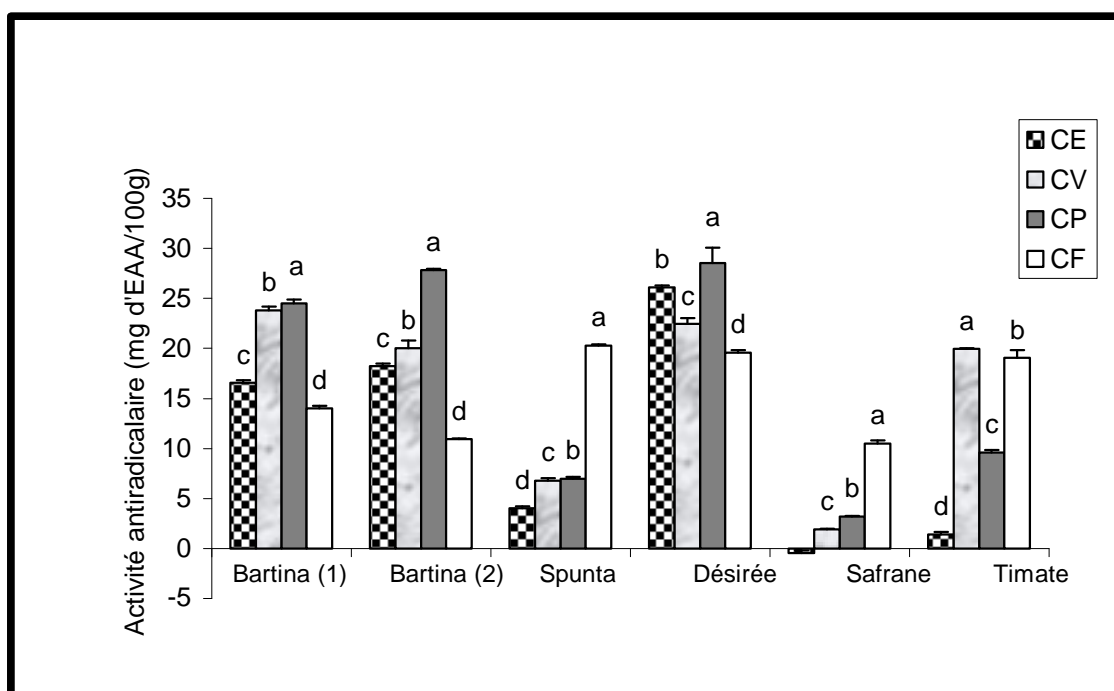
Pour la cuisson à la vapeur, la meilleure activité antiradicalaire est obtenue avec la variété Bartina 2 (13,68 mg EAA/100g) alors que la plus faible activité est celle de la variété Timate (2,99 mg/100g). Les extraits obtenus après cuisson des pommes de terre à l'eau présentent les plus faibles activités antiradicalaires. En effet, l'activité maximale obtenue pour ce mode de cuisson n'est que de 3,50mg/100g (Bartina 2).

Les pommes de terre cuites à l'eau possèdent donc les plus faibles capacités de piéger le radical DPPH confirmant ainsi les résultats de Faller et Fialho (2009) qui ont constaté que la plus haute activité antiradicalaire des pommes de terre cuites à la vapeur est de 32,4 % alors que les pommes de terre cuites à l'eau se caractérisent par une activité antiradicalaire de 26,3%.

Lors la cuisson à l'eau, l'eau sert pour le transfert de chaleur, il y a inactivation directe des enzymes telles que les oxydoréductases. Durant la cuisson dans l'eau, les antioxydants sont extraits par l'eau de cuisson (Pokorny *et al.*, 2001).



**Figure 17:** Activité antiradicalaire des extraits aqueux des variétés de pomme de terre



**Figure 18:** Activité antiradicalaire des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre

Sur les parties superficielles de la pomme de terre cuite au four se produisent différentes réactions telle que la réaction de Maillard. Cela peut induire la

destruction des antioxydants existant initialement dans l'aliment, ou bien la génération de nouveaux composés ayant un pouvoir antioxydant ; ce qui peut expliquer à l'occurrence la différence de l'activité anti-radicalaire des variétés étudiées. Durant le stade final de la réaction de Maillard, il y a formation de composés de faible poids moléculaire ayant diverses propriétés biologiques. Ils se comportent aussi comme de forts antioxydants surtout pour quelques types de cuisson telle que la cuisson au four, ce qui peut justifier les résultats obtenus pour quelques variétés dont la teneur en antioxydants est relativement faible, mais possèdent des activités antiradicalaires assez prononcées (Pokorny *et al.*, 2001). C'est le cas de la variété Timate dont la teneur en acide chlorogénique est faible mais qui possède une activité antiradicalaire assez apparente par rapport aux autres variétés. Selon Singleton et Rossi (1999), le type de composés phénoliques peut moduler l'activité antioxydante, du moment que chaque structure chimique possède de différentes propriétés de piégeage des radicaux libres.

Chaque composé montre un comportement différent quant à son affinité vis-à-vis du radical DPPH (Li *et al.*, 2006), ce qui conditionne les variations observées entre les variétés ainsi qu'entre les modes de cuisson. Il existe une synergie entre les antioxydants des extraits ; l'activité antioxydante est alors dépendante, non seulement, de la structure des antioxydants, mais aussi de l'interaction entre ces composés (Al-Farsi *et al.*, 2008).

Le facteur variétal, les conditions de croissance telles que la disponibilité de l'eau, la lumière ainsi que la température affectent la synthèse et l'accumulation des composés phénoliques chez les plantes et, par conséquence, engendrent des variations de l'activité antioxydante (Rumbaoa *et al.*, 2009).



## 2.2. Pouvoir réducteur

La capacité réductrice d'un composé est un indicateur significatif de son potentiel antioxydant (Gülçin *et al.*, 2002). Les résultats de mesure du pouvoir réducteur sont indiqués dans les figures 19 et 20.

L'étude statistique montre des différences significatives ( $P \leq 0,05$ ) entre les modes de cuisson étudiés. L'estimation du pouvoir réducteur des extraits aqueux et des extraits éthanoliques de pomme de terre montre des différences au sein des variétés. En outre, le pouvoir réducteur des extraits aqueux est significativement différent ( $P \leq 0,05$ ) de celui des extraits éthanoliques. Ceci confirme les résultats de Gulçin *et al.* (2003) qui indiquent que l'activité antioxydante varie selon le solvant d'extraction.

Les résultats obtenus pour les extraits aqueux indiquent que la cuisson des pommes de terre à l'eau avec la peau, donne les plus hauts potentiels réducteurs ; la variété Désirée présente le meilleur pouvoir réducteur estimé à 208 mg EAA/100g (figure 19), alors qu'un pouvoir réducteur nul est obtenu pour la variété Timate. L'étude statistique ( $P \leq 0,05$ ) indique que la cuisson au four abouti à un pouvoir réducteur faible (figure 20). En effet, pour les variétés Bartina 2 et Timate, le pouvoir réducteur est nul. La variété Timate, cuite à l'eau, avec ou sans la peau, ou au four, possède un potentiel réducteur nul.

Pour les extraits éthanoliques des variétés étudiées (figure 19), la cuisson à la vapeur montre des activités réductrices comprises entre 47,2 (Spunta) et 116,1mg/100g (Timate). Le pouvoir réducteur le plus élevé enregistré pour les pommes de terre cuites à l'eau avec la peau, est de 402,6 mg EAA/100g (variété Désirée).

L'eau a permis d'extraire plus de composés antioxydants, mais le pouvoir réducteur des extraits aqueux est inférieur à celui des extraits éthanoliques. En effet, l'activité anti-oxydante est en relation avec la structure du composé antioxydant (Ribéreau-Gayon, 1991).

La différence constatée entre les échantillons peut être la conséquence de la variabilité de la nature chimique des composés phénoliques pour chaque variété.

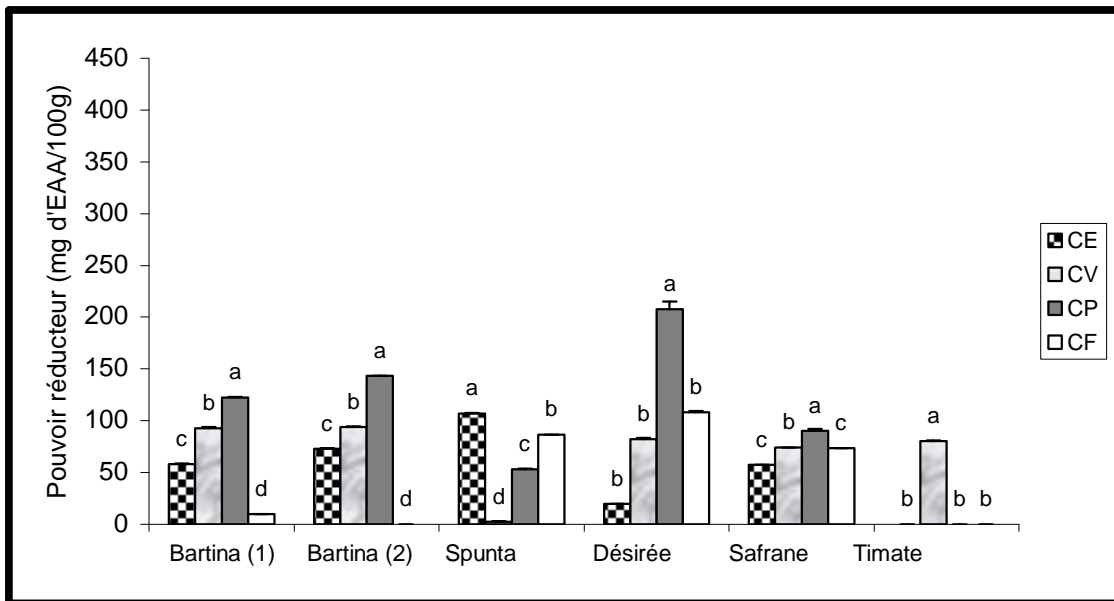


Figure 19: Pouvoir réducteur des extraits aqueux des variétés de pomme de terre

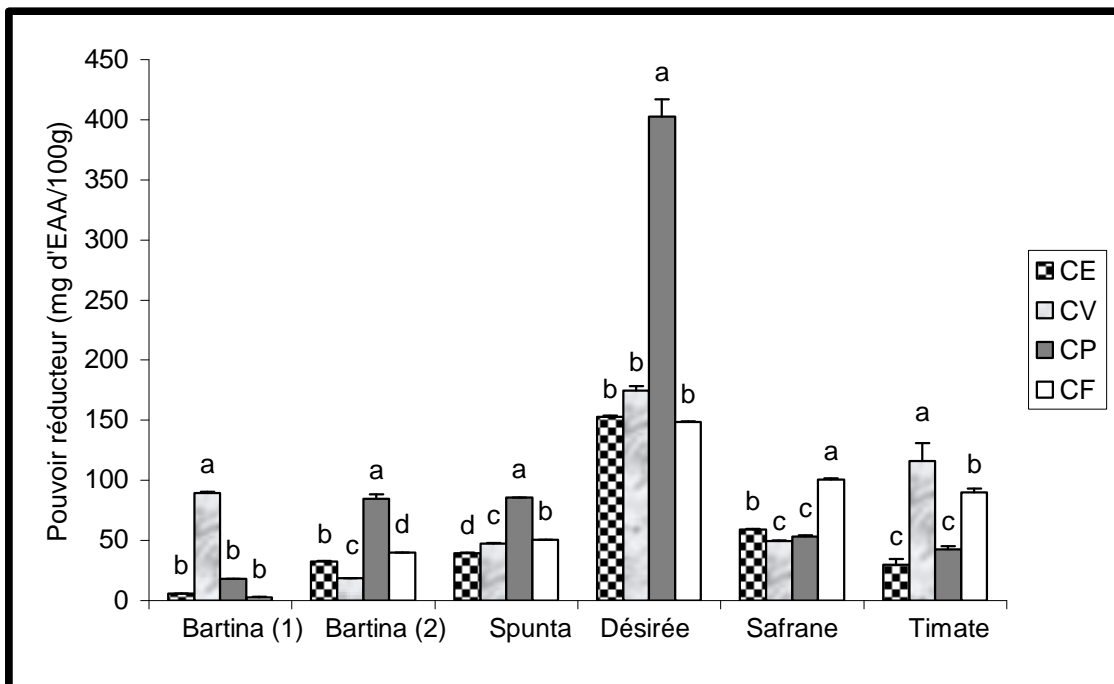


Figure 20: Pouvoir réducteur des extraits éthanoliques des variétés de pomme de terre

### 2.3. Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique

Les antioxydants peuvent interrompre la réaction en chaîne en donnant des atomes d'hydrogène aux radicaux peroxy des lipides ; ils inhibent ainsi, ou retardent, l'oxydation des lipides en intervenant soit sur l'étape d'initiation ou sur l'étape de propagation.

Les résultats de l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique illustrés dans les figures 21 (extraits aqueux) et 22 (extraits éthanoliques) révèlent des différences entre les quatre modes de cuisson, d'une part, et suivant les variétés d'autre part. Concernant les extraits aqueux, pour la cuisson à l'eau, la variété Timate montre une inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique avec un taux de 79,87 %, tandis que la Désirée n'a inhibé cette oxydation qu'avec un pourcentage de 1,19 %.

Il est à noter que la variété Timate cuite à la vapeur présente une activité inhibitrice négative traduisant ainsi un effet pro-oxydant. Les extraits de pommes de terre cuites à l'eau avec la peau et au four présentent des pourcentages d'inhibition moyens de 68,9 % et 65,7%, respectivement. Pour les extraits obtenus après cuisson à l'eau et à la vapeur, les valeurs moyennes des pourcentages d'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique sont de 58,6 et de 43,7 %, respectivement.

Les extraits éthanoliques présentent des activités antioxydantes (pouvoir réducteur, activité antiradicalaire, inhibition de la peroxydation lipidique) assez élevées par rapport à celles des extraits aqueux. Cela peut être expliqué par:

- la richesse des extraits aqueux des variétés en antioxydants ; en effet, l'eau permet d'extraire en plus des composés phénoliques, des acides organiques, des sucres, etc (Chirinos *et al.*, 2007). La méthode Folin-Ciocalteu ne dose pas que les composés phénoliques, mais aussi les sucres réducteurs et les acides aminés ayant une fonction phénolique ; la pomme de terre en contient (tyrosine et tryptophane), ce qui entraîne une surestimation de la teneur en composés phénoliques totaux dans les extraits aqueux (Singleton *et al.*, 1999).

- Le type d'antioxydants qu'ils contiennent. L'activité antioxydante est en relation avec la structure du composé antioxydant. Il existe d'autres composés antioxydants de la pomme de terre dont la patatine et l' $\alpha$ -tocophérol (Andre *et al.*, 2008).

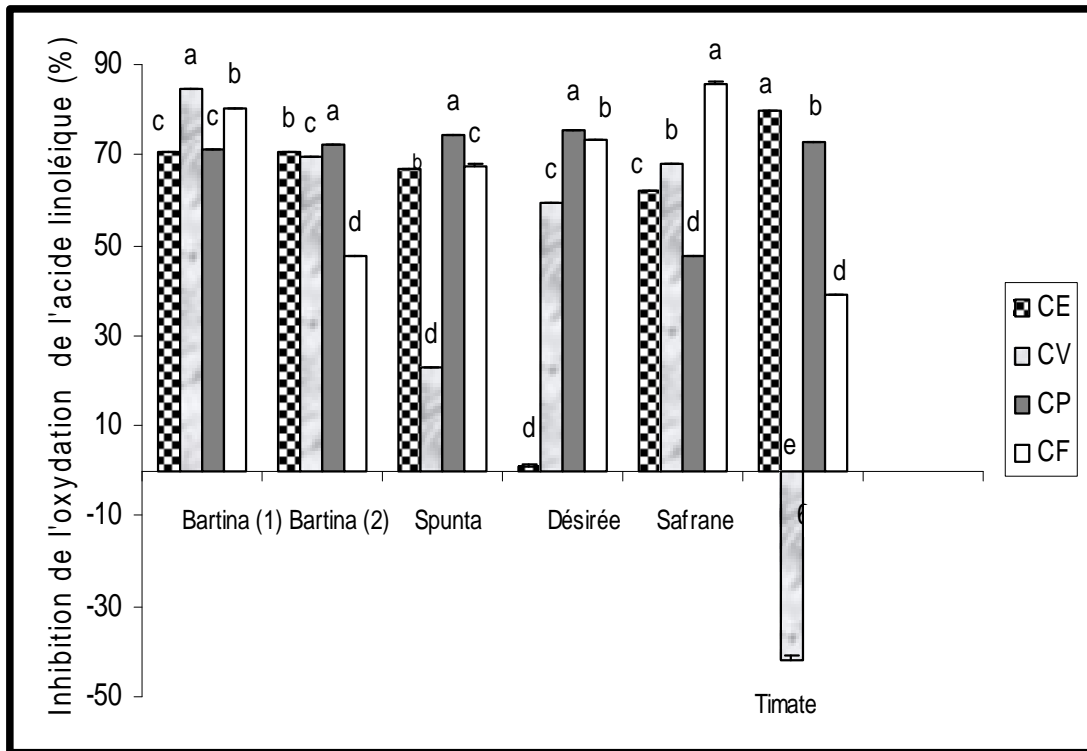


Figure 21: Effet des extraits aqueux sur la peroxydation lipidique

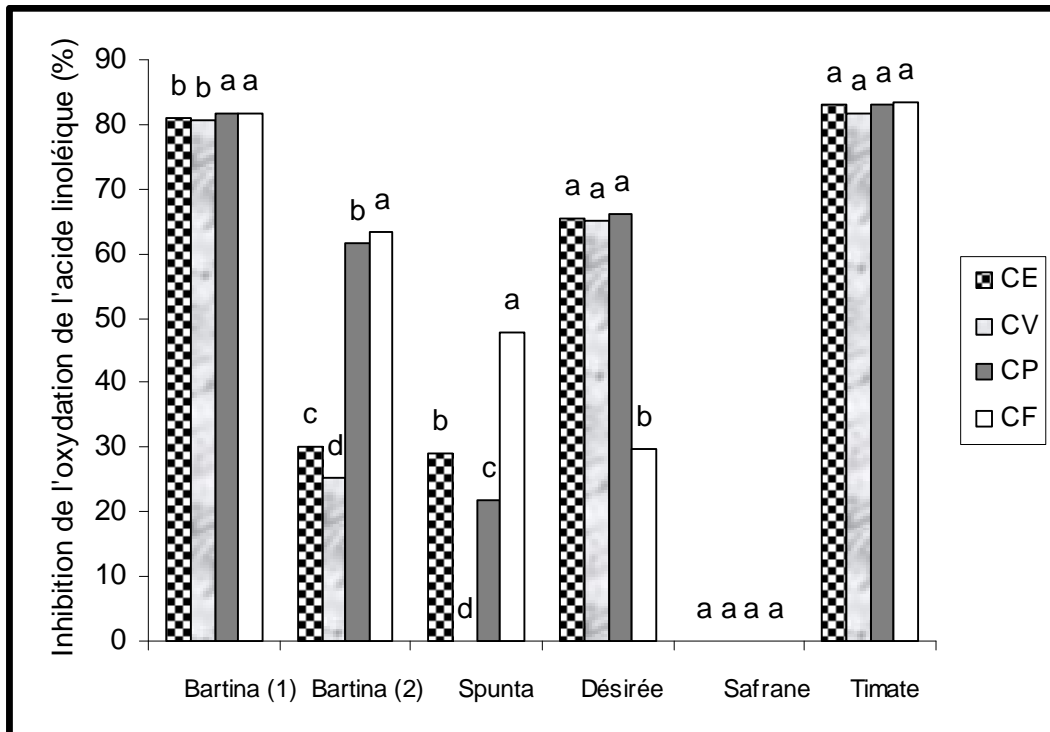


Figure 22: Effet des extraits éthanoliques sur la peroxydation lipidique

### 3. Corrélations entre les teneurs en antioxydants et l'activité antioxydante

Afin d'obtenir une relation entre les composés antioxydants contenus dans les extraits des variétés de pomme de terre étudiées avec leur activité antioxydante, une matrice de corrélation est ainsi établie à des niveaux différents de la significativité ( $p < 0,05$ ), ( $p < 0,01$ ) et ( $p < 0,001$ ), mais aucune différence entre les résultats des trois seuils n'a été observée.

#### 3.1. Activité antiradicalaire

Les résultats de la matrice de corrélation sont rassemblés dans les tableaux IV (extraits aqueux) et V (extraits éthanoliques) ; il s'avère clairement que les composés phénoliques présentent des corrélations qui diffèrent selon le type d'extrait. Pour les extraits aqueux, les coefficients de corrélation sont de 0,18 pour les polyphénols totaux, 0,35, pour les flavonoïdes et -0,20, pour l'acide chlorogénique.

Contrairement aux extraits aqueux, les teneurs des antioxydants des extraits éthanoliques présentent des coefficients de corrélation plus élevés avec l'activité antiradicalaire (tableau V), il est de 0,64 pour les polyphénols totaux, 0,22 pour les flavonoïdes et 0,68, pour l'acide chlorogénique, indiquant ainsi que cet acide participe à l'activité antioxydante des extraits éthanoliques plus que celle des extraits aqueux.

**Tableau IV:** Corrélation entre les teneurs en composés antioxydants et les activités antioxydantes des extraits aqueux

	Pouvoir réducteur	Activité antiradicalaire	Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique
Composés phénoliques	0,14	0,18	0,18
Flavonoïdes	0,60	0,35	0,09
Acide chlorogénique	-0,09	-0,20	0,12
Pouvoir réducteur		0,53	0,11
Activité antiradicalaire			0,32

**Tableau V :** Corrélation entre les teneurs en composés antioxydants et les activités antioxydantes des extraits éthanoliques

	Pouvoir réducteur	Activité antiradicalaire	Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique
Composés phénoliques	0,15	0,64	0,63
Flavonoïdes	-0,10	0,22	0,27
Acide chlorogénique	0,75	0,68	0,30
Pouvoir réducteur		0,43	-0,005
Activité antiradicalaire			0,53

D'après le tableau V, les composés phénoliques contribuent d'une manière importante à l'activité antioxydante des extraits éthanoliques. En effet, selon Kaur et Kapoor (2002), certains composés phénoliques peuvent agir individuellement comme de puissants antioxydants plus que les polyphénols totaux ; c'est le cas de l'épicatéchine qui exerce une activité antioxydante plus élevée que celle des catéchines.

Andre *et al.* (2007), étudiant l'activité antioxydante des pommes de terre ont obtenu un coefficient de corrélation élevé estimé à 0,91 entre la teneur en polyphénols des extraits méthanoliques et l'activité antioxydante. Par contre, Kähkönen *et al.* (1999) ont signalé qu'il n'existe aucune corrélation significative entre les teneurs en poly-phénols des extraits de quelques légumes et leur activité antioxydante. D'après ces auteurs, l'effet «scavenger» des polyphénols est lié à leur conformation spatiale, ils ont prédit l'existence d'autres composés non phénoliques qui pourraient contribuer à cette activité. En outre, l'activité anti-radicalaire est en relation avec la présence de groupements hydroxyles dans le composé phénolique.

L'activité antioxydante d'un extrait donné ne peut pas être prédite sur la base de sa teneur en composés phénoliques totaux, mais cela nécessite une caractérisation de ces derniers afin d'identifier le composé responsable de l'activité anti-oxydante.

### 3.2. Pouvoir réducteur

Le pouvoir réducteur des extraits aqueux et éthanoliques présente des corrélations linéaires avec les teneurs en antioxydants des extraits étudiés (tableaux VI et V). Les teneurs en composés phénoliques présentent une corrélation faible avec le pouvoir réducteur des extraits aqueux ( $r=0,14$ ) ainsi qu'avec celui des extraits éthanoliques ( $r=0,15$ ).

La corrélation entre les teneurs en acide chlorogénique et en flavonoïdes avec le pouvoir réducteur varie selon le type d'extrait.

Pour les extraits aqueux, le coefficient de corrélation est estimé à 0,60 pour les teneurs en flavonoïdes mais pour les extraits éthanoliques, il est évalué à -0,10 ; cela prédit la participation des flavonoïdes seulement au pouvoir réducteur des extraits aqueux.

L'acide chlorogénique contribue au pouvoir réducteur des extraits éthanoliques d'une manière significative ( $r=0,75$ ), alors qu'il ne présente aucune corrélation avec celui des extraits aqueux ( $r=-0,09$ ).

L'étude réalisée par Rumbaoa *et al.* (2008) indique que le coefficient de corrélation entre les teneurs en composés phénoliques de la pomme de terre cuite à la vapeur et le pouvoir réducteur des extraits méthanoliques est nul ; ils ont justifié cette constatation par la présence de composés de nature non phénolique qui contribue au transfert d'hydrogène. Cela est probablement dû à la formation des composés durant ou après la cuisson ou à la libération de ces composés, suite à un changement de la texture de l'amidon (gélatinisation). Pour les composés phénoliques totaux, il semble que le potentiel redox est régi par la structure cathecol contenue dans le cycle B. Pour l'acide chlorogénique, la position des groupements hydroxyyles peut régir l'activité antioxydante.

### 3.3. Inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique

D'après les résultats du tableau IV, pour les extraits aqueux, les coefficients de corrélation ont été évalués à 0,18 pour les teneurs en polyphénols totaux, 0,09 pour les flavonoïdes et à 0,12 pour l'acide chlorogénique.

Les composés phénoliques totaux des extraits éthanoliques semblent contribuer d'une façon importante à cette activité antioxydante avec un coefficient de corrélation de 0,63, alors que pour les flavonoïdes et l'acide chlorogénique les coefficients de corrélation sont de 0,27 et 0,30 respectivement (tableau V).

Selon Rumbaoa *et al.* (2008), il existe une corrélation négative (-0,014) entre la teneur en polyphénols et l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique pour les extraits éthanoliques des pommes de terre cuites à la vapeur. Ils ont expliqué cette constatation par la présence d'un autre type de composés antioxydants de nature non phénolique qui contribuent à cette activité par un transfert d'hydrogène.

D'après l'étude de Andre *et al.* (2007), les teneurs en flavonoïdes et en acide chlorogénique sont moyennement corrélées avec le pouvoir réducteur ; cependant, la mesure de l'activité inhibitrice de la peroxydation lipidique a abouti à un résultat similaire. Mais l'inverse est constaté, les flavonoïdes ne semblent pas participer dans cette inhibition ; le coefficient de corrélation est nul. Il en est de même pour la teneur en acide chlorogénique dont la corrélation avec l'activité antioxydante est nulle.

Pour les extraits aqueux et les extraits éthanoliques, la corrélation entre l'activité antiradicalaire et le pouvoir réducteur est estimée à 0,53 et 0,43, respectivement. Ces deux méthodes expriment deux mécanismes différents qui sont le transfert d'hydrogène et le transfert d'électron respectivement. La corrélation entre l'activité anti-radicalaire et l'inhibition de la peroxydation lipidique est estimée à 0,32 pour les extraits aqueux, et à 0,53 pour les extraits éthanoliques. La corrélation entre le pouvoir réducteur et l'inhibition de la peroxydation lipidique est assez faible, le coefficient de corrélation est estimé à 0,11 pour les extraits aqueux ; il est négligeable pour les extraits éthanoliques (-0,005).



# *Conclusion*

## *Conclusion*

Cette étude a été menée dans le but d'évaluer l'effet de quatre modes de cuisson sur l'activité antioxydante de cinq variétés de pomme de terre : Bartina (1), Spunta, Désirée, Safrane et Timate récoltées dans la région de Béjaia, y compris une variété importée qui est la Bartina (2).

Une analyse quantitative des polyphénols totaux, des flavonoides, de l'acide chlorogénique, de l'acide ascorbique ainsi que des caroténoïdes des échantillons a été effectuée. Après cela, le pouvoir antioxydant des échantillons a été estimé par la détermination du pouvoir réducteur, l'activité antiradicalaire du DPPH, et l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique.

Selon les résultats, des différences significatives ont été notées entre les modes de cuisson ainsi qu'entre les variétés.

Les teneurs en caroténoïdes présentent des différences significatives en variant le type de cuisson et suivant la variété, en effet, elles s'échelonnent entre 0,42 et 12,04 mg/100g.

Pour l'acide ascorbique, les variétés cuites à la vapeur sont celles qui contiennent les plus hautes teneurs en ce composé, la teneur maximale est attribuée à la variété Bartina (2) cuite à la vapeur estimée à 14,03 mg /100g, tandis que les plus faibles teneuses est nulle, elle est assignée à la variété Bartina (1) cuite dans l'eau ainsi que les variétés Bartina (2) et la Safrane cuites au four.

Une différence significative est également enregistrée quant aux deux solvants d'extraction utilisés, l'eau s'avère être le meilleur solvant d'extraction concernant les composés phénoliques totaux, les flavonoides, ainsi que l'acide chlorogénique. La quantification des agents antioxydants de la pomme de terre donne des valeurs significativement différentes entre les variétés, ces variations sont attribuées au facteur variétal l'origine géographique.

Concernant les polyphénols totaux, l'eau a permis de récupérer des quantités plus importantes qui varient entre 74,34 et 454,18 mg/100g que l'éthanol qui donne des teneurs variant entre 34,66 et 239,16 mg/100g.

De plus, les teneurs des flavonoïdes divergent aussi selon les variétés et le type de cuisson, les valeurs obtenues sont significativement différentes et varient entre 0 et 160,53 mg /100g pour les extraits aqueux et entre 3,92 et 160,00 mg/100g pour les extraits éthanoliques. Ces variations sont dues principalement à l'origine florale et aux conditions climatiques.

Des teneurs allant de 0,02 et 126,47mg/100g ont été enregistrées pour l'acide chlorogénique concernant les extraits aqueux, et entre 0,20 et 4,56 mg/10g pour les extraits éthanoliques.

L'étude de l'activité antioxydante a montré que les échantillons de pomme de terre analysés présentent une activité antioxydante intéressante par rapport à la littérature. L'activité antioxydante évaluée par les trois méthodes varie entre les variétés et les types de cuisson. L'activité antioxydante des extraits éthanoliques est nettement plus élevée que celle des extraits aqueux.

Afin d'approfondir cette étude, d'autres aspects du thème peuvent être envisagés à l'avenir à savoir :

- Elargir l'échantillonnage sur d'autres variétés de pomme de terre ;
- Tester l'effet d'autres modes de cuisson tels que la friture et la cuisson au micro-onde sur l'activité antioxydante de la pomme de terre ;
- L'évaluation de l'activité antioxydante de la peau de la pomme de terre ainsi que celle des eaux de cuisson.
- L'identification par HPLC des différents composés antioxydants de la pomme de terre ;
- Il serait aussi intéressant de tester l'activité antimicrobienne des antioxydants de la pomme de terre ;
- Des essais *in vivo* sont souhaitables afin d'évaluer le pouvoir anticancérigène de la pomme de terre.

*Références  
bibliographiques*

## *Références bibliographiques*

### *A*

Alais C. et Linden G. ,1997. Pigments In Abrégé de biochimie alimentaire. Ed. Masson, Paris. pp: 119-125.

Al-Farsi M.A., Lee C.Y.,2008. Optimization of phenolics and dietary fibre extraction from date seeds. Food Chemistry.108:977–985.

Allen A.K., 1979. A Lectin from the Exudate of the Fruit of the Vegetable Marrow (Cucurbitapepo) that has a Specificity for [-1, 4-Linked N-Acetylglucosamine Oligosaccharides]. Biochemical Journal. 183: 133-137.

Andjelkovic M., Camp J.V.,De Meulenaer B., Depaemelaere G. ,Socaciu C.,Verloo M.,Verhe R., 2007. Iron-chelation properties of phenolic acids bearing catechol and galloyl groups. Food Chemistry. 98: 23–31.

Andre C., Oufir M., Guignard C., Hoffman L., Haussman J.F., Ever D. et Larondelle Y., 2007. Andean Potato Cultivars (*Solanum tuberosum* L.) as a Source of Antioxidant and Mineral Micronutrients. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 55: 366-378.

Andre C., Oufir M., Guignard C., Hoffman L., Haussman J.F., Ever D. et Larondelle Y., 2009. Antioxidant Profiling of Native Andean Potato Tubers (*Solanum tuberosum* L.) reveals cultivars with high levels of  $\beta$ -Carotene,  $\alpha$ -Tocopherol, Chlorogenic acid and Petanin. Journal of Agricultural and Food Chemistry.57 (2), pp 599–609

### *B*

Balasundram N., Sundram K., Samman S., 2006. Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: antioxydant activity, Occurrence, and potential uses. Food Chemistry 99: 191-203.

Beecher G.R., 2003. Overview of dietary Flavonoids: Nomenclature, Occurrence and Intake. American Journal of Clinical Nutrition.133: 3248-3254.

Belitz H.D., Grosch W. et Schieberle P. 2004. Vegetables and vegetable products. Ed. Springer. pp: 772-804.

Berhardt S., et Schlich E., 2006. Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. *Journal of Food Engineering*. 77: 327-333.

Bernard A. et Carlier H., 1992. Aspects nutritionnels des constituants des aliments, influence des technologies. *Les Cahiers de L'ENS. BANA*. 8.

Berruti R., 1985. Vitamin E In *methods of vitamin assays*. Ed. John Willy and Sons, pp: 260-267.

Biglari F., Al-Karkhi Abbas F.M., et Mat Easa A., 2008. Antioxidant activity and phenolic content of various date palm (*Phoenix dactylifera*) fruits from Iran. *Food Chemistry*. 107:1636–1641.

Blessington T., 2005. The effects of cooking, storage, and ionizing irradiation of carotenoids, antioxidant activity, and phenolics in potato (*Solanum tuberosum* L.) Master of Science.

Borel P., Dral J., Faure H., Fayol V., et Galabert C., Laromiguière M., Le Moel G., 2005. Données récentes sur l'absorption et le catabolisme des caroténoïdes. *Annales de Biologie Clinique*. 63 (2):165-177.

Bourgeois, C.F. ,2004. Les vitamines dans les industries agroalimentaires. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. pp: 294-296.

Britton G. (1983). Carotenoids, flavonoids In *The biochemistry of natural pigments*. Ed. Cambridge University Press. pp: 23-126.

Bruneton J., 1999. Pharmacognosie, Phytochimie, Plantes médicinales. Ed. Tec. et Doc. Lavoisier Paris. pp: 227-230.

Burgos G., Auqui S., Amoros W., Salas E. et Bonierbale M., 2008. Ascorbic acid concentration of native Andean potato varieties as affected by environment, cooking and storage. *Journal of Food Composition and Analysis* .22(6):533-538.

## C

Cheftel J.C et Cheftel H., 1986. Introduction à la biochimie et la technologie des aliments. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. pp :485.

Cheynier V. 2005. Polyphenols in foods are more complex than often thought. *American Journal of Clinical Nutrition*. 81:223–229.

Chirinos R., Rogez H., Campos D., Pedreschi R., Larondelle Y., 2007. Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) tubers. *Separation and Purification Technology*. 55:217–225.

Chirinos R., Betalleluz-Pallardel I., Huamán A., Arbizu C., Pedreschi R., et Campos D., 2009. HPLC-DAD characterisation of phenolic compounds from Andean oca (*Oxalis tuberosa* Mol.) tubers and their contribution to the antioxidant capacity *Food Chemistry*. 113: 1243-1251.

Chun J., Lee J., Ye L., Exler J., et Eitenmiller R., 2006. Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United State Diet. *Journal of Food Composition and Analysis* .19:196-204.

Chung Y., Chien C., Teng K. et Chou T., 2006. Antioxidant and mutagenic properties of *Zanthoxylum alanthoides* Sieb and Zucc. *Food Chemistry*. 97:418-425.

Clifford H., 2001. Sources of natural antioxidants: oilseeds, nuts, cereals, legumes, animal products and microbial sources In *Antioxidants in food: Practical applications* . Ed: CRC Press. pp: 159- 195.

Colonna J.-P., 1970. Quelques faits essentiels concernant les propriétés et la biosynthèse de l'acide chlorogénique. *Cahiers. ORSTOM, Biol.*, 18.

Curtay J.-P. et Robin J.-M., 2000. Interet des complexes antioxydants. *Nutrathérapie info* : 1-4.

Cuvélier C., Dotreppe O., Istasse L., 2003. Chimie, sources alimentaires et dosage de la vitamine E. *Annales de Médecine Vétérinaire*. 147 : 315-324.

## **D**

Dacosta, 1999. Les amines biogènes dans les aliments. Ed. A.P.R.I.A:15.

D'ishia M., 2005. Nitrosation and nitration of bioactive molecules: Toward the basis of disease and its prevention. *Comptes Rendus de Chimie*. 8:797-806.

Duffy S. et Vita J.A., 2003. Effects of phenolics on vascular endothelial function. *Current Opinion Lipidology*. 14: 21-27.

Dugas B., M. Djavad Mossalayi, Damais C., Kolb J.P. 1995. Nitric oxide production by human monocytes: evidence for a role of CD23. *Immunology Today*, 16 (12):574-580.

Dupré T., Lavieu G., Moore S., Seta N., 2004. Les anomalies congénitales de glycosylation des *N*-glycosylprotéines. *Médecine/Sciences*. 20 : 331-338.

Dutta D., Chaudhuri U. R. et Chakraborty R. 2005. Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. *African Journal of Biotechnology*. 4 (13): 1510-1520.

### *E*

Elliséche, 1999. Description, production et amélioration génétique des légumes In *Technologie des légumes*. Ed. Tec et Doc. Lavoisier, Paris. pp: 66-90.

Escribano-Baillon M.-T., Santos-buelga C., 2003. Polyphenols extraction from foods. In *method in polyphenols analysis*. Ed. Royal Society of Chemistry. pp: 1-16.

### *F*

Faller, A.L.K., Fialho, E., 2009. The antioxidant capacity and polyphenol content of organic and conventional retail vegetables after domestic cooking. *Food Research International*. 42: 210-215.

Favier A, 2003. Le stress oxydant. *L'actualité Chimique*: 108-115.

Finotti E., Bertone A., Vivanti V., 2006. Balance between nutrients and anti-nutrients in nine Italian potato cultivars. *Food Chemistry*: 99 : 698-701.

Fossen T., Øvstedal D.O., Slimestad R. et Andersen Ø.M., 2003. Anthocyanins from a Norwegian potato cultivar. *Food Chemistry*, 81:433-437.

Furr H.C., Barua Arun B., et Olson J.A., 1992. Retinoids and carotenoids in Modern Chromatographic Analysis of Vitamins. Ed. Marcel Dekker. 60, (2), 1-71.

### *G*

Gardés-Albert M., Bonnefont-Rousselot D., Abdedinzadeh Z. et Jore D., 2003. Espèces réactives d'oxygène : Comment l'oxygène peut-il devenir toxique ? *L'actualité Chimique* : 1-5.



Georgea B., Kaura K., Khurdiyaa D.S., Kapoor H.C., 2004. Antioxidants in tomato (*Lycopersium esculentum*) as a function of genotype. Food Chemistry. 84:45–51.

Ghedira K., 2005. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. Phytothérapie. 4: 162-169.

Gordon B. et Loisel W., 1984. Mesurage de la teneur en eau. In Le contrôle dans les industries agroalimentaires. Ed. Tec et Doc. Lavoisier. Paris. pp : 175-223.

Graille J., 2003. Lipides et corps gras alimentaires. Ed. Lavoisier. Paris : 387.

Gravoeuille J.-M., 1996. Utilisation pour l'alimentation humaine In La pomme de terre .Ed. INRA. Paris .pp :451-480.

Gravoeuille et Poupard- Caron, 1996. La pomme de terre .Ed. INRA. pp:451-480.

Grison C., 1983. Pomme de terre : caractéristiques et qualités alimentaires. Ed. A.P.R.I.A. pp: 71-127.

Gülçin İ., Oktay M., Küfrevioğlu Ö., Aslan A., 2002. Determination of antioxidant activity of lichen *Cetraria islandica* (L) Ach. Journal of Ethnopharmacology. 79:325-329.

Gülçin I., Oktay M., Kireççi E. et Küfrevioğlu Ö.I. ,2003. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. Food Chemistry. 83(3): 371-382.

## *H*

Hollman P.C.H., Hertog M.G.L. et Katan M.B. 1996. Analysis and health effects of flavonoids. Food Chemistry. 57(4):43-46.

Hadi M., 2004. La quercétine et ses dérivés: Molécules à caractère pro-oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Thèse de doctorat Université Louis Pasteur.

## *I*

Iqbal S. et Bhangar M.I., 2006. Effect of season and production location on antioxidant activity of *Moringa oleifera* leaves grown in Pakistan. Journal of Food Composition and Analysis .19: 544-551.

*J*

Johnson I.T.2001. Antioxidants and antitumour properties In Antioxidants in food; Practical applications. Ed. CRC press.Wood head publishing, Cambridge.pp:101-123.

*K*

Kader J.-C.2003.Apports potentiels des oléagineux génétiquement modifiés In Lipides et corps gras alimentaires. Ed. Tec et Doc, Lavoisier. Paris. pp :403-404.

Kähkönen M P., Hopia A I., Vuorela H J., Rauha J.P, Pihlaja K., Kujala T S. et Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry.47: 3954-3962.

Kaur C. , Kapoor H.,2002.Anti-oxidant activity and total phenolic content of some asian vegetables.International Journal of Food Science and Technology, 37, 153-161.

Kerr I.D., Reynolds E.D. et Cove J.H., 2005. ABC proteins and antibiotic drug resistance: is it all about transport? Biochemical Society Transactions, 33.

Kimura M. et Rodriguez-Amaya D.B. 2002. A scheme for obtaining standards and HPLC quantification of leafy vegetable carotenoids. Food Chemistry.78: 389–398.

*L*

Lambert J., Hong J., Yang G., Liao J., et Yang C., 2005. Inhibition of carcinogenesis by polyphenols: evidence from laboratory investigations. American Journal of Clinical Nutrition. 81:284–291.

Lapornik B., Prosček M., Wondra A.G., 2005. Comparison of extracts prepared from plant by-products using different solvents and extraction time. Journal of Food Engineering. 71:214–222.

Léger C.-L., 2006. Antioxydants d'origine alimentaire:Diversité, mode d'action antioxydante et interaction. Oléagineux, Corps gras, Lipides.13 :213-222.

Li B.B, Smith B.,. Hossain Me.M., 2006. Extraction of phenolics from citrus peels I. Solvent extraction method. Separation and Purification Technology.48:182-188.

Lin J. et Weng M., 2006. Flavonoids as Nutraceuticals In the science of flavonoids

Ed: Springer, pp: 231-239.

## *M*

Manach C., Scalbert A., Morand C., Remezy C., Jimenez L., 2004. Polyphenols : Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79:727-747.

Manian R., Anusuya N., Siddhuraju N., Manian S., 2008. The antioxidant activity and free radical scavenging potential of two different solvent extracts of *Camellia sinensis* (L.) O. Kuntz, *Ficus bengalensis* L. and *Ficus racemosa* L. *Food Chemistry*. 107:1000–1007.

Marais J.P.J., Deavours B., Dixon R.A. et Ferreira D., 2006. The stereochemistry of flavonoids in the science of flavonoids. Ed: Springer, pp: 1-47.

Marfak A. 2003. Radiolyse gamma des flavonoïdes. Etude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools: formation de depsides. Thèse de doctorat, université de Limoge.

Martin A., 2002. Vitamines, oligoéléments, supplémentation diverses : Intérêt et risques In *Les vitamines dans les industries agroalimentaires*. Ed. Tec et Doc Lavoisier. Paris. pp. 159-182.

Mattila P. et Hellström J., 2007. Phenolic acids in potatoes, vegetables, and some of their products. *Journal of Food Composition and Analysis*. 20, 3-4 : 152-160.

Mau J. L., Tsai S. Y., Tseng Y. H. et Huang S. J. 2005. Antioxidant properties of methanolic extracts from *Ganoderma tsugae*. *Food Chemistry*. 93: 641-649.

Mennen L., Walker R, Bennetau C.-Pelissero et Scalbert A., 2005. Risks and safety of polyphenol consumption. *American Journal of Clinical Nutrition*. 81:326-329.

Mira L., Fernandez M.T., Santos M., Rocha R., Florencio M.H. et Jennings K.R., 2002. Interaction of flavonoids with iron and copper Ions: A mechanism for their antioxidant Activity. *Free Radicals Research*. 36 (11):1199-1208.

Montanari M., Degl'Innocenti E., Maggini R., Pacifici S., Pardossi A. et Guidi L., 2008. Effect of nitrate fertilization and saline stress on the contents of active constituents of *Echinacea Agustifolia*. *Food Chemistry*. 107: 1461-1466.

Morawiecka B., Wierzba-Arabska E. 1987. Purification and properties of lectin from potato tubers and leaves; interaction with acid phosphatase from potato tuber. *Acta Biochim Polon*; 34(4):407-420

## N

Nijveldt R.J., Nood E.V., Hoorn D., Boelens P., Norren K., et Leeuwen P.A.M., 2001. Flavonoids: a review of probable mechanisms of action and potential application. *American Journal of Clinical Nutrition* .74:418-425.

Nurssal B. et Yücecan S., 2007. Influence of home freezing and storage on vitamin contents of some vegetables in Pakistan. *Journal of Nutrition* .6 (5):472-477.

## O

Oschima L., 2003. Quel avenir pour les antioxydants naturels ? In *Lipides et corps gras alimentaires*. Ed. Tec et Doc, Lavoisier Paris. pp : 379-398.

Oliveira D. F, Viña S. Z, Marani C. M, Ferreyra R. M, Mugridge A, Chaves A. R et Mascheroni R. H. 2008. Effect of blanching on the quality of Brussels sprouts (*Brassica oleracea L. gemmifera* DC) after frozen storage. *Journal of Food Engineering*. 84 (1): 148-155.

Olthof M R., Hollman P. C. H., Buijsman M N.C.P., Amelsvoort J. M. M. et Katan M. B. 2003. Chlorogenic acid, Quercetin-3-Rutinoside and black tea phenols are extensively metabolized in humans. *Journal of Nutrition*. 133 (6): 1806-1814.

## P

Pelletier O., 1985. Vitamin C (L ascorbic acid and dehydro- L-ascorbic acid) In *Methods of vitamins assays*. Ed. John Willy and Sons. pp :303-347.

Pincemail J., Defraigne JO., Meurisse M., et Limel R. 1998. Antioxydants et prévention des maladies cardiovasculaires: La vitamine E. Ed. Medi sphère.

Podsdek A., 2007: Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT*. 40: 1–11.

Pokorny J., Yanishlieva N., Gordon M., 2001. Preparation of natural antioxidants In *Antioxidants in food; Practical applications*. Ed. CRC press. Wood head publishing, Cambridge. pp: 330-355.

## Q

Qiu D., Chen Z, Li H., 2009. Effect of heating on solid  $\beta$ -carotene. Food Chemistry 112:344-349.

**R**

Remezy C., Manach C., Demigne C., Taier O. et Regeat F. ,1996. Interest of polyphenols in preventive nutrition In polyphenols 96. Ed. INRA, Paris 1998. pp:251-263.

Rhodes J.M., Campbell b.j., et Yu G.Y.,2008. Lectin–epithelial interactions in the human colon. Biochemical Society Transactions 36: 1482-1486.

Ribéreau-Gayon P., 1991. Notions générales sur les composés phénoliques In Les composés phénoliques des végétaux. Ed. Dunod. pp : 1-27.

Rodriguez-Amaya D.B., 1997: Carotenoids and Food Preparation: The Retention of provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods.

Rodriguez-Amaya B.D., 2001. A guide to carotenoid analysis in foods. Ed. International life Institue. pp: 1-60.

Rose R.C. et Bode A.M., 1993. Biology of free radical scavengers: an evaluation of ascorbate. The Journal of Federation American Societies Experimental Biology.7: 1135-1142.

Roussignol L., et Rousselle-Bourgeois F., 1996. Botanique, morphologie et taxonomie In La pomme de terre .Ed. INRA. Paris. pp: 50-54.

Roy K., Takenaka M., Isobe S., Tsushida T., 2007. Antioxidant potentiel, antiproliférative activity, and phenolic content in water-soluble fraction of some commonly consumed vegetables: Effect of thermal treatment. Food Chemistry.103 (4): 106-114.

Rumbaoa R.O., Cornago F., Geronimo I.M., 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of philippine potato (*Solanum tuberosum*) tubers. Journal of Food Composition and Analysis.22 (6):546-550.

**S**

Sahlin E.,Savage G.P. et Lister C.E., 2004. Investigation of the antioxidant properties of tomatoes after processing. Journal of Food Composition and Analysis. 17 (5): 635-647.

Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M. M. et Toth-Markus M., 2005. Differences in anthocyanin and carotenoid content of fruits and vegetables. Food Research International. 38 : 1023-1029.

Scalbert A., Johnson I.T., Saltmarsh M., 2005. Polyphenols: antioxidants and beyonds. *American Journal of Clinical Nutrition*. 81:215-217.

Simpson K., Tsou S., Chichester C.O., 1985. Carotene In *Methods in Vitamins Assay*.  
Ed. John Willey and Sons, pp: 185-200.

Singleton V., Orthofer R., Lamuela-Raventós R., 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent : *Methods In Enzymology*:152-178.

Slattery M. L, Benson J., Curtin K. , Khe-Ni Ma, Schaeffer D., and Potter J.D. 2000. Carotenoids and colon cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*. 71:575–582.

Subagio A. et Morita N., 2002. Prooxidant activity and its dimyristate esters in corn triacylglyceride. *Food Chemistry*. 81:97-102.

Suschetet M., Siess M.-H, le Bon A.-M. et Canivenc-Lavier M.-C, 1996. Anticarcinogenic properties of some flavonoids In *Polyphenols 96*. Ed. INRA. Paris. pp: 166-193.

### *T*

Terry P., Jain M., Miller A.B., Howe G.R., et Rohan T., 2002. Dietary carotenoids and risk of breast cancer. *American Journal of Clinical Nutrition*. 76:883–888.

Turkmen N, Sari F et Velioglu S., 2005. The effect of cooking methods on total phenolics and antioxidant of selected green vegetables. *Food Chemistry*. 93:713-718.

### *Υ*

Yanishlieva-Maslarova N.V., 2001. Inhibiting oxidation In *Antioxidants in food; Practical applications*. Ed. Wood head publishing, Cambridge. pp:210-249.

Yildirim A., Okray M. et Bilaloglu V., 2001. The antioxidant activity of the leaves of *Cydonia vulgaris*. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 31:23-27.

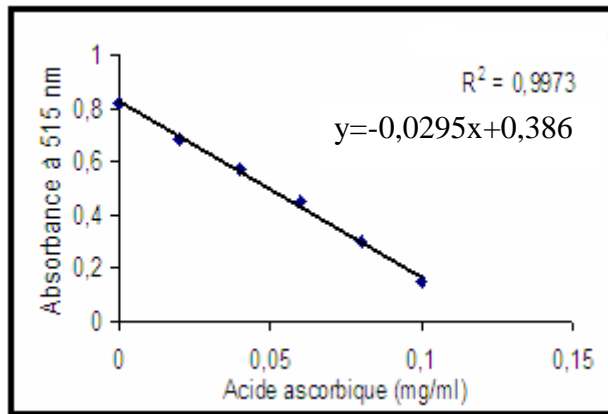
### *Z*

Zhou K. et Yu L., 2006. Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado . *Food Science and Technology*. 39(10):1155-1162.

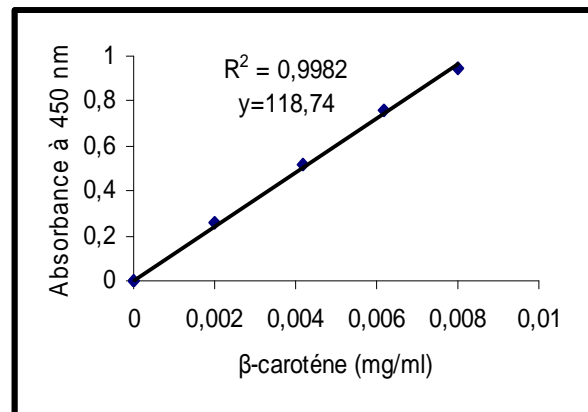
**Site internet:** FAOSTAT, date de consultation du site, 2008.

# *Annexes*

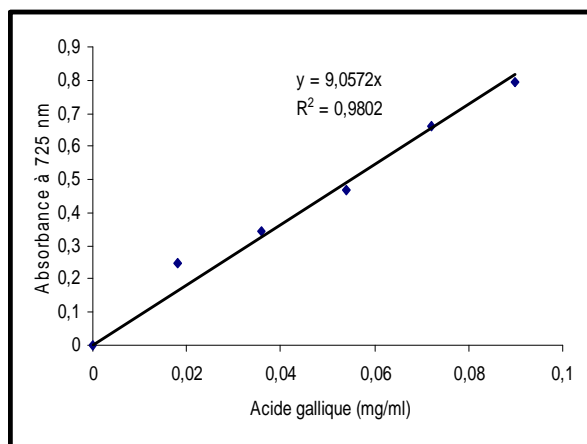
## Annexe 1 : Courbes d'étalonnage des différents composés antioxydants



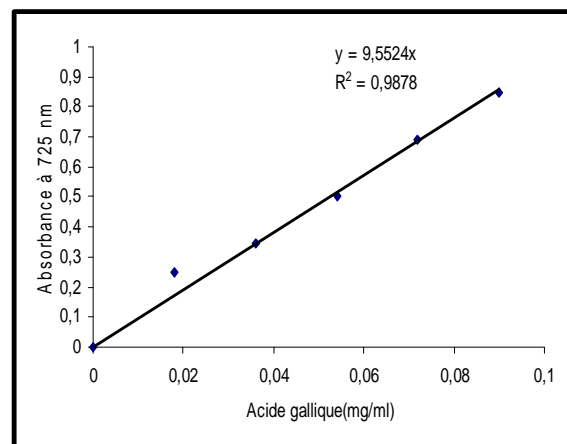
**Figure 1 :** Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique



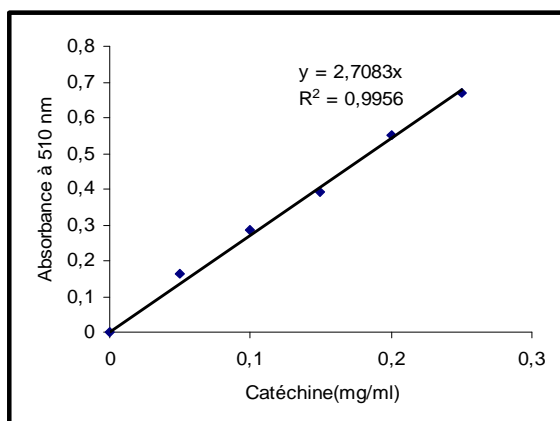
**Figure 2 :** Courbe d'étalonnage des caroténoïdes



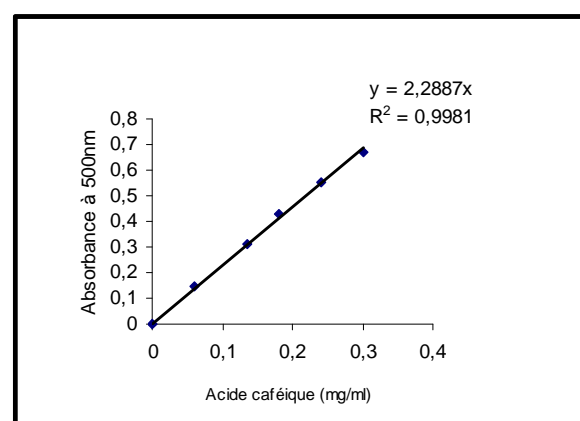
**Figure 3 :** Courbe d'étalonnage des composés phénoliques (extrait aqueux)



**Figure 4 :** Courbe d'étalonnage des composés phénoliques (extrait éthanolique)

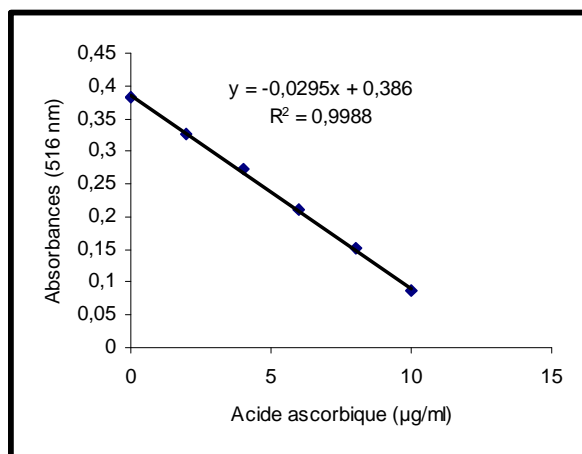
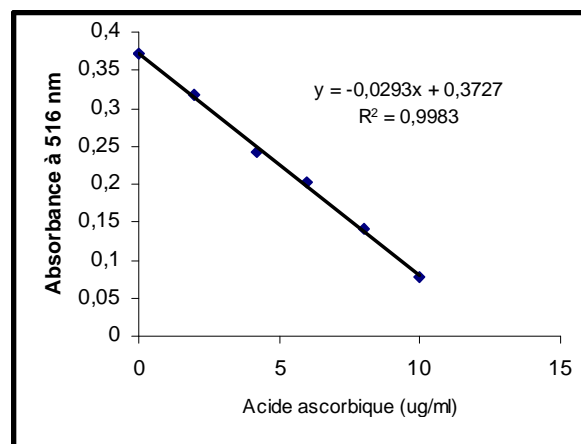
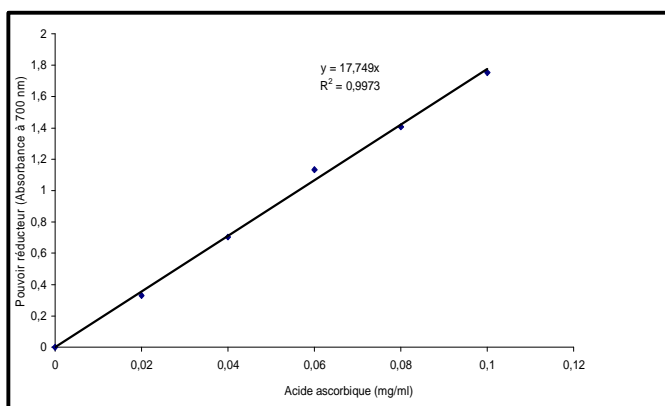


**Figure 5 :** Courbe d'étalonnage des flavonoïdes



**Figure 6 :** Courbe d'étalonnage de l'acide chlorogénique



**Annexe 2 : Courbes d'étalonnage des activités antioxydantes****\*Activité antiradicalaire****Figure 7 : Extrait aqueux****Figure 8 : Extrait éthanolique****\*Pouvoir réducteur****Figure 9 : Courbe d'étalonnage effectuée avec l'acide ascorbique**

## Résumé

**Résumé :** La présente étude a été entreprise dans le but d'évaluer l'effet de quatre modes de cuisson sur l'activité antioxydante de quelques variétés de pomme de terre récoltées à Béjaia. Les résultats indiquent que les teneurs en caroténoïdes varient entre 0,42 et 12 mg/100g. Les variétés de pomme de terre cuites à la vapeur sont celles qui contiennent les teneurs les plus élevées en acide ascorbique qui varient de 0 à 14 mg/100g. Les composés phénoliques totaux extraits par deux solvants ; l'eau et l'éthanol présentent des variations selon le type d'extrait et le mode de cuisson ainsi que la variété, leur concentration dans les extraits aqueux varie de 74,34 et 454,18 mg/100g, alors qu'elle se limite entre 34,66 et 239,16 mg/100g dans les extraits éthanoliques. Les composés phénoliques, les flavonoïdes, et l'acide chlorogénique sont mieux extraits par l'eau que par l'éthanol. Les extraits éthanoliques possèdent les plus hautes activités antiradicalaires qui s'échelonnent de 1,29 à 28,56 mg EAA/100g, les pouvoirs réducteurs les plus élevés leur sont aussi attribués, l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique des extraits aqueux est nettement plus basse que celles des extraits éthanoliques.

**Mots clés :** Pomme de terre, mode de cuisson, acide ascorbique, caroténoïdes, composés phénoliques, flavonoides, acide chlorogénique, antioxydant, antiradicalaire.

**Abstract:** The present study is aimed to test the effect of four cooking methods on antioxidant activity of potato varieties from Béjaia. The results showed that carotenoids amounts vary between 0,42 and 12 mg/100g. Steamed potatoes contain the higher amounts of ascorbic acid which vary between 0 and 14 mg/100g. Phenolic compounds extracted with two solvents, water and ethanol present variation according to the extract, cooking method and variety. Their concentration varies between 74,34 and 454,18 mg/100g for aqueous extracts, between 34,66 and 239,16 mg/100g for ethanolic extracts. Total phenolic compounds, flavonoids and chlorogenic acid are more extracted by water than ethanol. Ethanolic extracts indicate variation of antiradical activity between 1,29 and 28,56 mg AAE/100g, the high reducing power are also attributed to them. Inhibition of linoleic acid oxidation is lower in aqueous extracts than in the ethanolic ones.

**Keywords:** Potato, cooking method, ascorbic acid, carotenoids, phenolic compounds, flavonoids, chlorogenic acid, antioxidant, antiradical.

### المخلص:

تمت هذه الدراسة لتقييم تأثير أربعة أساليب الطهي على الأنشطة المضادة للأكسدة بعض أصناف من البطاطا المحصودة في بجاية. النتائج تشير إلى أن مستويات الجزرين تراوح بين 0.42 و 12 ملغ/100غ. البطاطا المطهية على البخار هي تلك التي تحتوي على أعلى مستويات حمض الاسكوريك التي تتراوح بين 0 إلى 14 ملغ/100غ. متعدد الفينول المستخلص بواسطة الماء و الإيثانول تمثل اختلافات تبعا لنوع الاستخلاص وطريقة الطهي و كذلك الصنف ، التراكيز في المستخلصات المائية تراوحت بين 74.34 و 454.18 ملغ/100غ ، في حين ينحصر بين 34.66 و 239.16 ملغ/100غ في المستخلصات الإيثانولية. متعدد الفينول، الفلافونويدات ، وحمض كلوروجينيك مستخلصة بالماء أحسن من الإيثانول. المستخلصات الإيثانولية تمثل أعلى درجة من النشاط ضد الجذور المؤكسدة- تتراوح بين 1.29 إلى 28.56 ملغ معادل حمض الأسكوريك/100، قدرة الإرجاع كذلك ممنوحة لها. تثبيط أكسدة حمض لينوليك للمستخلصات المائية هي أدنى بكثير من تلك المستخلصات الإيثانولية.

**المفاتيح:** البطاطا، أسلوب الطهي، حمض الأسكوريك، الجزرين، متعدد الفينول، الفلافونويد، حمض الكلوروجينيك، مضاد الأكسدة، مكافح تأكسد الجذور.