

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences Alimentaires
Spécialité Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Effet de la cuisson sur la teneur en
substances bioactives et l'activité
antioxydante de la pomme de terre**

Présenté par :

BOUFROURA Samia & BOUKHEZAR Yasmina

Soutenu le : 15 Septembre 2022

Devant le jury composé de :

Mme H.MARZOUK

MCA

Président

Mme N.GUENDOUZE

MCA

Encadrant

Melle O.ISSAADI

MCB

Examineur

Année universitaire : 2021 / 2022

Remerciements :

Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé santé, courage, patience et foi pour accomplir ce modeste travail.

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce à la participation de plusieurs personnes à qui nous voudrions adresser toute notre reconnaissance.

Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre promotrice, Mme GUENDOUZE N. pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils et ses encouragements qui nous ont beaucoup aidé et son assistance du début jusqu'à la fin de ce modeste travail.

Nos remerciements vont également à :

Mme MERZOUK H. pour l'honneur qu'elle nous fait de présider notre Jury et à Mme ISSAADI d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Aussi nous voudrions remercier tous ceux qui travaillent au laboratoire d'analyses instrumentales du bloc 9 ainsi que nos chères collègues qui nous ont accompagnés tout au long de notre stage au laboratoire.

Dédicace :

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant qui m'a préservé la santé et qui m'a donné la force et le courage à fin de pouvoir terminer ce travail dans les bonnes conditions ainsi que toutes les années précédentes.

Je dédie ce travail à,

Toute ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour et ses encouragements a fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Particulièrement mes chers parents que je ne pourrai jamais au temps les remercier pour leurs sacrifices et leur souffrance.

Mes sœurs « Amel » et « Imane »

Mes frères « Salem » et « Wassim »

Ma chère grand-mère.

Mon cher fiancé qui m'a donné tout son soutien, son aide et son encouragement depuis le début jusqu'à la fin et celui que j'ai trouvé à mes côtés pour me donner l'espoir et la force et qui n'a jamais cessé de le faire.

A mes proches, mes tantes et mes cousines.

A ma belle-famille.

A ma chère binôme Yasmîna et sa famille.

Samia.

Je voudrais remercier Dieu pour toute l'énergie qu'il m'a donné durant ces années.

Grâce à notre foi, nous croyons au destin, nous pouvons traverser les moments difficiles en regardant toujours le bon côté de la chose, hamdoulillah.

Je voudrais dédier mon travail à toutes les personnes qui m'ont aidé durant mon cursus universitaire.

❖ *Aux deux personnes, les plus chers au monde que je ne remercierais jamais assez : leur aides, l'encouragement, soutiens, sacrifices et leur patience toute ma vie : mes chers parents.*

❖ *Mes chers frères Billal et Rayane*

❖ *A mon mari qui a su m'épauler et qui m'encourage toujours pour y aller plus loin.*

❖ *A toute la famille Boukhezar et Allouti.*

❖ *A ma belle-famille.*

❖ *A tous mes proches et mes amis sans exception*

❖ *A mes chères collègues et amis sans exceptions de section ZPSA*

❖ *A ma chère binôme Samia et sa famille.*

Yasmina.

.....

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Partie I : Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités de la pomme de terre

Introduction	1
I. Généralités sur la pomme de terre.....	2
I.1. Description botanique	2
I.2. Origine et production mondiale.....	3
I.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle.....	4
I.4. Intérêts et rôles.....	5

Chapitre II: Activité antioxydante

II. Activité antioxydante.....	6
II.1. Définition d'un antioxydant.....	6
II.2. Radicaux libres.....	6
II.3. Espèces réactives de l'oxygène	6
II.4. Stress oxydant.....	7
II.5. Mécanisme de l'oxydation.....	7
II.6. Système antioxydant.....	8
II.6.1. Système enzymatique.....	8
II.6.2. Système non enzymatique.....	9
II.6.2.1. Vitamines antioxydante.....	9

II.6.2.2. Caroténoïdes.....9

II.6.2.3. Composés phénoliques.....9

Chapitre III: Cuisson des aliments

III. Cuisson des aliments.....11

III.1. Définition de la cuisson.....11

III.2. Impacts de la cuisson sur les aliments.....12

III.2.1. Impact nutritionnel.....12

III.2.2. Impact sanitaire.....12

III. 2.3. Impact organoleptique.....12

III.2.3.1. Modifications de l'apparence.....13

III.2.3.2. Modifications de la flaveur.....13

III.2.3.3. Modifications de texture.....14

III.6. Types de cuisson.....15

III.6.1. Cuisson dans l'eau.....15

III.6.2. Cuisson à la vapeur.....15

III.6.3. Cuisson dans la matière grasse.....15

III.6.4. Cuisson dans l'air (four, braise).....16

Partie II : partie pratique

I. Matériels et Méthodes

I. Matériel et méthodes.....17

I.1. Récolte de la matrice végétale.....17

I.2. Cuisson de la pomme de terre.....17

I.2.1. Cuisson dans l'eau.....17

I.2.2. Cuisson dans la vapeur.....17

I.2.3. Cuisson au four.....17

I.2.4. Cuisson dans l'huile (friture)17

I.2.5. Cuisson braise 18

I.3. Extraction18

I.4. Analyses physico-chimiques.....18

I.4.1. Détermination de la teneur en eau.....18

I.4.2. Taux d'extraction19

I.4.3. Détermination de la teneur en cendres.....19

I.4.4. Détermination des teneurs en fer et en zinc.....19

I.4.5. Dosage des sucres totaux.....20

I.4.6. Dosages des protéines..... 21

I.5. Analyses phyto-chimiques.....22

I.5.1. Dosage des polyphénols totaux.....22

I.5.2. Dosage des flavonoïdes.....22

I.5.3. Dosage des flavonols.....23

I.5.4. Dosage de la vitamine C.....23

I.6. Evaluation de l'activité antioxydante.....23

I.6.1. Test au phosphomolybdate d'ammonium.....24

I.6.2. Test utilisant le radical DPPH*.....24

I.7. Analyse statistique.....25

II. Résultats et discussion

II. Résultats et discussion.....26

II.1. Analyses physico-chimiques.....26

II.1.1. Taux d'extraction.....26

II.1.2. Test d'humidité.....27

II.1.3. Taux des cendres.....28

II.1.4. Résultats de la SAA.....29

II.4.1.1. Dosage du fer.....29

II.4.1.2. Dosage de Zinc.....29

II.1.5. Dosage des sucres totaux.....30

II.1.6. Dosage des protéines.....32

II.2. Analyses phyto-chimiques.....33

II.2.1. Teneurs en polyphénols totaux.....33

II.2.2. Teneurs en flavonoïdes.....34

II.2.3. Teneurs en flavonols.....35

II.2.4. Test au pouvoir scavenger du radical DPPH*.....36

II.2.5. Test du pouvoir réducteur au molybdate d'ammonium.....37

Conclusion et perspectives.....39

Références bibliographiques.....40

Annexes

Résumé

.....

Liste des abréviations

ADN: Acide désoxyribonucléaire

ARN: Acide ribonucléique

D.S.A.S.I : Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information de la wilaya de Bejaia

ERN: Espèces réactives de l'azote

ERO: Espèces réactives de l'oxygène

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

pH: Potentiel d'hydrogène

USDA: United States department of agriculture

.....

Listes des figures

Figure 01: Photographie de la pomme de terre.....	3
Figure 02: Origine des différents radicaux libres oxygénés et des espèces réactives de l’oxygène impliqués en biologie.....	8
Figure 03: Structure chimique des acides phénoliques.....	10
Figure 04: Structure chimique de base des flavonoïdes.....	10
Figure 05: Structure d’un tanin hydrolysable (a) et d’un tanin condensé (b).....	11
Figure 06 : Photographie de la pomme de terre.....	17
Figure 07 : Protocole de dosage des sucres totaux.....	21
Figure 08 : Protocole de dosages des protéines.....	21
Figure 09 : Mécanisme réactionnel de réduction du radical DPPH*	24
Figure 10 : Rendements d’extraction des pommes de terre selon les différents modes de cuisson utilisés.....	26
Figure 11 : Résultats du test d’humidité des pommes de terre selon les différents modes de cuisson utilisés.....	27
Figure 12 : Taux des cendres trouvés dans les différents échantillons de pomme de terre... ..	28
Figure 13 : Teneurs moyennes en fer.....	29
Figure 14 : Teneur moyennes en Zn.....	30
Figure 15 : Teneur en sucres totaux dans les différents extraits de pommes de terre.....	31
Figure 16 : Teneur en polyphénols totaux dans les différents extraits aqueux de pommes de terre.....	32

Figure 17 : Teneur en flavonoïdes dans les différents extraits aqueux de pommes de terre.....34

Figure 18 : Teneurs en flavonols des différents échantillons de pommes de terre.....35

Figure 19 : Résultats de l'activité scavenger du radical DPPH'..... .36

Figure 20 : Résultats du test du pouvoir réducteur au molybdate d'ammonium..... ...37

.....

Liste des tableaux

Tableau I: Classification de la pomme de terre.....2
Tableau II: Principaux pays producteurs de pomme de terre.....4
Tableau III: Composition chimique de la pomme de terre.....5
Tableau IV : Mode opératoire du test de DPPH'25
Tableau V : Teneur en protéines dans les différents extraits de pommes de terre.....32

Les légumes sont des aliments à haute valeur nutritionnelle et à faible teneur en calories et sont considérés comme des sources de vitamines, de minéraux et de fibres. Outre les caractéristiques nutritionnelles de leur composition, les légumes contiennent des substances présentant des capacités à assurer des fonctions biochimiques importantes dans l'organisme. Parmi ces composés phytochimiques, les caroténoïdes et les composés phénoliques (**Teow et al., 2007**). Ces composés présentent une activité élevée de piégeage des radicaux libres, ce qui aide à réduire l'apparition des maladies liées au stress oxydatif telles que les maladies cardiovasculaires, l'athérosclérose, les maladies dégénératives et le processus tumoral (**Favier, 2005**).

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 (**Gardés-Albert et al., 2003**). L'apport constant en 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**).

Les légumes peuvent être consommés sous forme de légumes frais, en conserve, surgelés et cuits. En plus de son effet sur le goût et la texture, la cuisson présente un effet sur les propriétés nutritionnelles des légumes (**Bureau et al., 2015**).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui vise à étudier l'effet de cinq modes de cuisson différents (à l'eau, la vapeur, dans l'huile, la braise et au four) sur le contenu métabolique et l'activité antioxydante de la pomme de terre.

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) 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**).

Notre travail est composé de deux parties : une synthèse bibliographique dans laquelle sont mentionnés les résultats des recherches antérieures, et une partie pratique dans laquelle sont exposés nos propres recherches et résultats faits au sein des laboratoires de l'université Abderrahmane Mira de Bejaia sur une variété de pomme de terre récoltée dans la wilaya de Béjaia.

I. Généralités sur la pomme de terre

I.1. Description botanique

La pomme de terre (*Solanum tuberosum* L.) est une plante vivace, dicotylédone, tubéreuse et herbacée. Elle appartient à la famille des solanacées qui sont des plantes à fleurs (Rousselle- Bourgeois et Rousselle, 1992) et au genre *Solanum* (tableau I).

Tableau I: Classification de la pomme de terre (Hawkes, 1990).

Règne	Métaphytes (végétaux supérieurs)
Embranchement	Spermatophytes
Classe	Dicotylédone
Ordre	Polemoniales
Famille	Solanaceae
Genre	<i>Solanum</i>
Sous-genre	<i>Potatoe</i>
Série	<i>Tuberosa</i>
Espèce	<i>Solanum tuberosum</i>

La pomme de terre est caractérisée par la présence de stolons, inducteurs de tubercules. Les tiges aériennes sont généralement au nombre de deux à dix, parfois davantage avec un port plus ou moins dressé et une section irrégulière. Les feuilles sont composées et permettent par leur aspect et leur coloration, de caractériser les variétés. Les fleurs dont la couleur et le nombre caractérisent les variétés sont généralement autogames. Elles peuvent être de couleur blanche, bleue, violette ou rose suivant les variétés. Les fruits ou baies contiennent des graines sans intérêt en culture, mais essentielles en sélection amélioratrice (Elzebroek et Wind, 2008).

Le système souterrain comprend les racines, les tiges souterraines (stolons) et les tubercules. Les racines nombreuses et fines, sont fasciculées et peuvent pénétrer facilement le sol s'il est suffisamment meuble. Les stolons sont plus ou moins courts et leurs extrémités se renflent pour former les tubercules (Atef, 2009). Ces derniers peuvent être de forme sphérique, allongée ou ovoïde. Leur diamètre varie généralement de 1 à 3 cm et leur couleur

peut aller du vert au jaunâtre, ou du marron rougeâtre à violet (**Rousselle- Bourgois et Rousselle, 1992**) (figure 1).

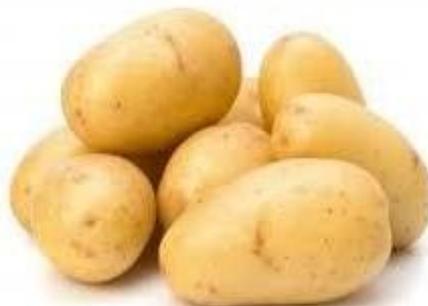


Figure 1 : Photographie de la pomme de terre (**Arvy et Galouin, 2007**).

I.2. Origine et production mondiale

La pomme de terre semble avoir pour origine les rivages Ouest de l'Amérique latine. Elle est introduite en Europe vers la seconde moitié du XVI^e siècle par les navigateurs ou les pirates. Au début, elle était cultivée sur de faibles étendues, puis elle a connu une expansion étonnante au XIX^e siècle. Ainsi, l'entrée de la pomme de terre dans l'alimentation humaine a éloigné pour toujours la famine qui sévissait périodiquement (**FAOSTAT, 2007**).

Ce légume est devenue un ingrédient nécessaire dans la plupart des cuisines du monde après le riz, le blé et le maïs, c'est la quatrième plus grande culture vivrière au monde (**Mahgoub et al, 2015**). Elle s'adapte aux différentes zones climatiques tropicales et extra tropicales (**Hawkes, 1990**).

Selon la **FAO (2018)**, la Chine est le premier producteur mondial de pomme de terre, suivie par l'Inde et la Fédération de Russie (**tableau II**). En 2014, la production mondiale a atteint le chiffre record de 385,074 millions de tonnes.

En Algérie, la culture de la pomme de terre fut introduite au milieu du XIX^e siècle (**FAO, 2008**). L'Algérie occupe la quinzième place mondiale (**FAO, 2018**) et la deuxième en Afrique en 2014 après l'Egypte. La production nationale a dépassé le seuil de 4.5 millions de tonnes pour une superficie approximative de 170000 hectares (**Alilat, 2017**). Elle est cultivée à: Sétif, Tizi-Ouzou, Tipaza, Tiaret, Batna, Chlef, Bouira, El-Oued, Mostaganem et Boumerdes (**ITCMI, 2012**).

Au niveau de la wilaya de Bejaia, la production de la pomme de terre pour la campagne agricole 2016/2017 a atteint 57780 quintaux, cultivée sur une superficie de 295 hectares (D.S.A.S.I., 2017).

Tableau II : Principaux pays producteurs de pomme de terre (FAO, 2014).

Classement	pays	Production (tonnes)
1	Chine	96 136 320
2	Inde	46 395 000
3	Russie	31 501 354
4	Ukraine	23 693 350
5	Etats-Unis	20 056 500
6	Allemagne	11 607 300
7	Bangladesh	94 351 50
8	France	80 54 500

I.3. Composition chimique et valeur nutritionnelle

La pomme de terre crue est considérée comme source d'énergie grâce à sa richesse en glucides. Elle contient de faible quantité de lipides et de protéines. Elle est particulièrement riche en oligo-nutriments comme la vitamine C, la vitamine B et des minéraux tels que le potassium, le magnésium, le calcium, le fer et le phosphore (Bergthaller et al. 1999) (tableau III). Un ensemble de composés phytochimiques comme les acides phénoliques, les flavonoïdes, les coumarines, les caroténoïdes et les terpènes sont présents dans la pomme de terre (Shahidi et al. 2004). Ce légume est considéré comme une bonne source de polyphénols (Chun et al., 2005 ; Ezekiel et al., 2013). Environ 40% des composés phénoliques de la pomme de terre sont sous la forme liée principalement en β -glycoside qui résistent à la digestion gastro-intestinale, et sont absorbés dans le colon (Shahidi et al., 2004).

Tableau III: Composition chimique de la pomme de terre (g/100) (USDA, 2008).

Constituant	Teneur (g/100g)
Eau	83,29
Protéines	2,57
Lipides	0,1
Glucides	19,4
Fibres	0,0025
Cendres	0,00161
Vitamine B3	0,0012
Vitamine B6	0,0002
Vitamine C	0,013

I.4. Intérêts et rôles

La consommation d'un féculent est recommandée à chaque repas. La pomme de terre, disponible toute l'année, est recommandée dans un régime acido-basique et agirait sur l'hypertension (**Auroi, 1987**). Sa richesse en vitamines et antioxydants protège les cellules du corps des dommages causés par les radicaux libres, tandis que celle en fibres prévient la constipation, diminue le risque de cancer du côlon (**Rousselle et al., 1996**) et peut contribuer à la prévention des maladies cardiovasculaires, ainsi qu'au contrôle du diabète de type 2 (**Ducreux et al., 1986**).

II. Activité antioxydante

II.1. Définition d'un antioxydant

Un antioxydant est une substance qui inhibe ou retarde significativement l'oxydation d'un substrat (Berger, 2006; Tachakittirungrod et al., 2007). Il capte les radicaux libres et les rendent inoffensifs en interagissant directement avec les composés réactifs de l'oxygène (Fu et al., 2014; Léophonte, 2006), complexe les ions métalliques pro-oxydants et empêche la formation de l'oxygène singulet (Amarowicz et al., 2004; Fu et al., 2014).

II.2. Radicaux libres

Les radicaux libres sont des entités chimiques possédant un électron (ou plus) non apparié sur la couche périphérique du squelette moléculaire. Cet électron naît suite à un apport d'énergie susceptible et suffisant pour se réapparier, qui a tendance à attirer les électrons d'autres atomes et molécules pour gagner en stabilité, déstabilisant ainsi d'autres molécules (Bendif, 2017).

II.3. Espèces réactives de l'oxygène

Les radicaux libres issus de la réduction monovalente de l'oxygène constituent les espèces réactives de l'oxygène (ERO). Ces dernières sont des molécules contenant de l'oxygène dont la réactivité est supérieure à celle de la molécule de dioxygène (O_2) (Fontaine et al., 2002; Morel et Barouki, 1999). Les ERO comprennent des espèces radicalaires telles que l'hydroxyle (OH^\bullet) et l'anion superoxyde ($O_2^{\bullet-}$) (Gardès-Albert et al., 2005; Lubec, 1996) et des espèces non radicalaires comme le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et l'acide hypochloreux (HOCl) (Lubec, 1996 ; Wardman et al., 1996).

A côté des ERO, il y a les espèces réactives de l'azote (ERN) qui génèrent un stress oxydatif qui peut endommager les structures cellulaires (Fu et al., 2014).

II.4. Stress oxydant

Le stress oxydant peut être défini comme un déséquilibre entre les systèmes producteurs d'espèces radicalaires oxydantes et les systèmes de défense antioxydants au profit des premiers. Ceci implique la production d'espèces réactives de l'oxygène (**Mathew et Abraham, 2006**). Ce phénomène peut être à l'origine de l'oxydation de diverses biomolécules telles que les lipides, les protéines, l'acide ribonucléique (ARN) et l'acide désoxyribonucléique (ADN). Ceci engendre une augmentation des risques pour le cancer, les maladies cardiovasculaires, les maladies neurodégénératives, les maladies inflammatoires, le diabète sucré et l'hypertension (**Arabshahi-D et al., 2007; Guinebert et al., 2005**).

II.5. Mécanisme de l'oxydation

L'oxydation est un phénomène complexe qui met en jeu des espèces moléculaires très réactives qui se traduit par le rancissement de graisses, la rouille des métaux et la flétrissure des fruits et légumes (**Judde, 2004; Rolland, 2004**). Elle est initiée par la lumière, la chaleur, ou les traces de métaux lourds (Cu^{+2} et Fe^{+3}). Les réactions radicalaires sont d'autant plus destructrices qu'elles se propagent en chaîne: les molécules déstabilisées par un électron célibataire deviennent à leur tour des radicaux libres (**Manach et al., 2004**) (**figure 2**).

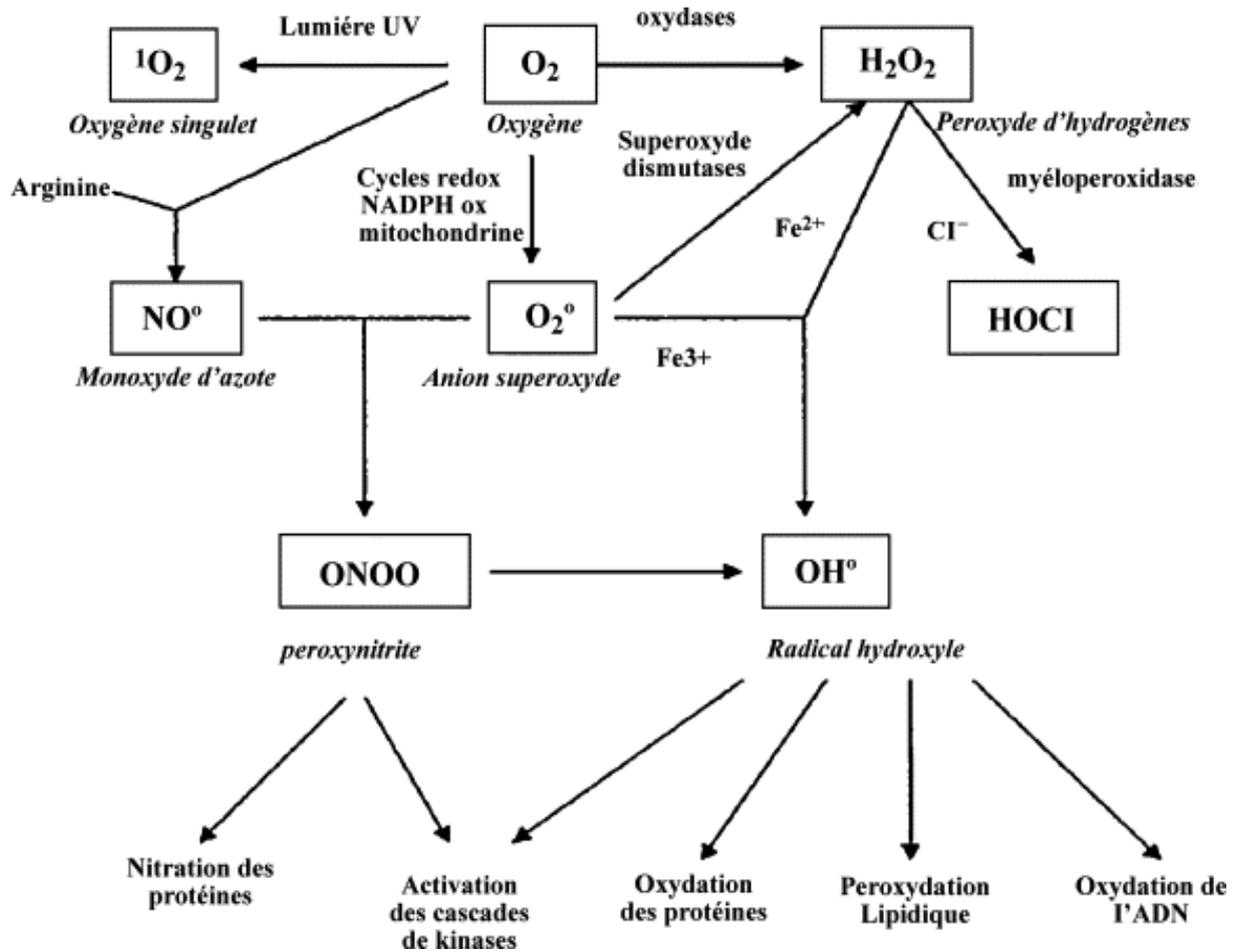


Figure 2: Origine des différents radicaux libres oxygénés et des espèces réactives de l'oxygène impliqués en biologie (Favier, 2003).

II.6. Système antioxydant

Les cellules disposent de systèmes complexes de défense anti-oxydants, enzymatique et non enzymatique localisés dans les compartiments intra- et extracellulaires (Amarowicz et al., 2004; Berger, 2006).

II.6.1. Système enzymatique

L'organisme se défend contre les radicaux libres en synthétisant des enzymes qui les neutralisent. Les principales enzymes antioxydantes sont la superoxyde dismutase, la glutathion peroxydase et la catalase (Li et al. 2009; Vincent et al. 2004).

II.6.2. Système non enzymatique

Le système antioxydant non enzymatique fait appel à des molécules non enzymatiques telles que les vitamines antioxydantes (vitamine C et vitamine E) et les composés phénoliques (flavonoïdes, xanthones, coumarines, caroténoïdes, dérivés d'acides phénoliques, tanins, anthocyanines, etc.). La plupart de ces composants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation (**Bendif, 2017**).

II.6.2.1. Vitamines antioxydantes

La vitamine E (α -tocophérol) neutralise les radicaux libres et stoppe la chaîne de réactions de peroxydation des lipides. Elle devient par la suite un radical moins réactif. Alors que la vitamine C ou l'ascorbate agit principalement en piégeant directement les ERO ou en régénérant la vitamine E (**Ré et al., 2005**).

II.6.2.2. Caroténoïdes

Les caroténoïdes font partie des micronutriments qui participent aux défenses de l'organisme contre les espèces oxygénées (**Barizão et al., 2016**). Ils réagissent avec l'oxygène singulet, les radicaux peroxy et alkoxy en les capturant (**Bossokpi, 2003**).

II.6.2.3. Composés phénoliques

Les composés phénoliques regroupe un vaste ensemble de composés qui présente un point commun dans leur structure qui est la présence d'au moins un cycle aromatique à 6 carbones, lui-même porteur d'un nombre variable de fonction hydroxyle, libre ou engagé dans une autre fonction (**Bruneton, 1999 ; Marouf et Reynaud, 2007 ; Sarni-Manchado et Cheynier, 2006**). Les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins sont considéré comme principaux composés phénoliques. Ces composés possèdent une activité antioxydante plus élevée que celle des vitamines antioxydantes et des caroténoïdes (**Podsedek, 2007**).

- **Acides phénoliques**

Les acides phénoliques sont de petites molécules constituées d'un noyau benzénique et d'au moins un groupe hydroxyle. Ils sont solubles dans les solvants polaires (**Wichtl et Anton, 2009**). Ces composés sont subdivisés en deux groupes : les acides hydroxycinnamiques et les acides hydroxybenzoïques (**Liu, 2004**) (**figure 3**).

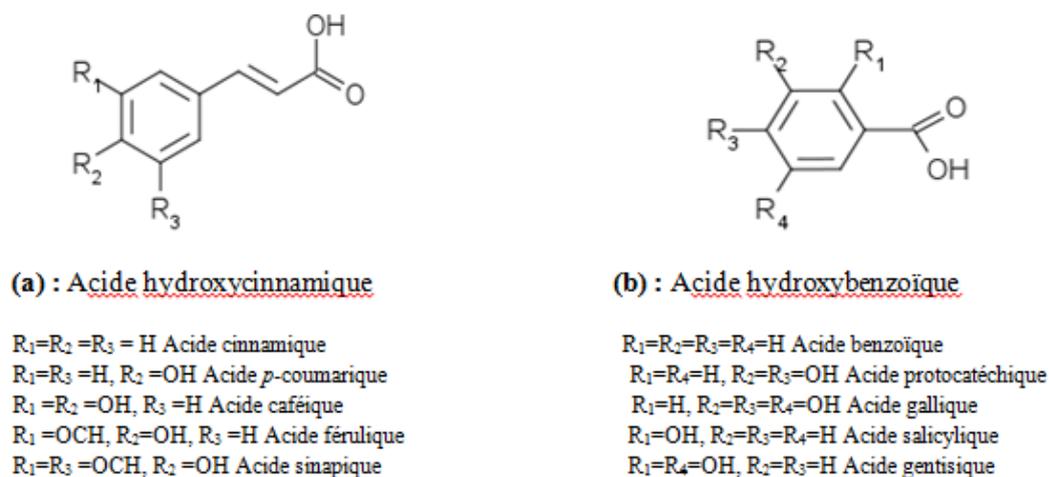


Figure 3: Structure chimique des acides phénoliques (Liu, 2004).

- Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des molécules très répandues dans le règne végétal. Ils constituent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge des différents organes végétaux (Ghedira, 2005). Ils ont une origine biosynthétique commune et, de ce fait, présentent le même élément structural de base. Ces composés comprennent un squelette composé de deux cycles aromatiques, porteurs de plusieurs fonctions phénol, reliés par un hétérocycle oxygéné à trois atomes de carbone (Balasundram et al., 2006) (figure 4).

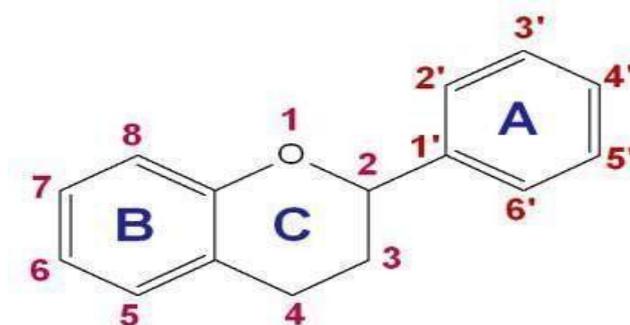


Figure 4 : Structure chimique de base des flavonoïdes (Balasundram et al., 2006).

- **Tanins**

Les tanins sont des composés solubles dans l'eau dont le poids moléculaire varie de 500 à 3000 Da. Ils sont classés en deux grands groupes : les tanins hydrolysables et les tanins condensés (Balasundram et al., 2006 ; Bruneton, 1999) (figure 5).

Ces composés ont un rôle contre la diarrhée et les tumeurs de l'estomac, et du duodénum. Ils agissent également comme anti-inflammatoire, antiseptique, antioxydant, hémostatique et diurétique. Les tanins doivent leur pouvoir antioxydant à leurs noyaux phénols (Balasundram et al., 2006 ; Bruneton, 1999).

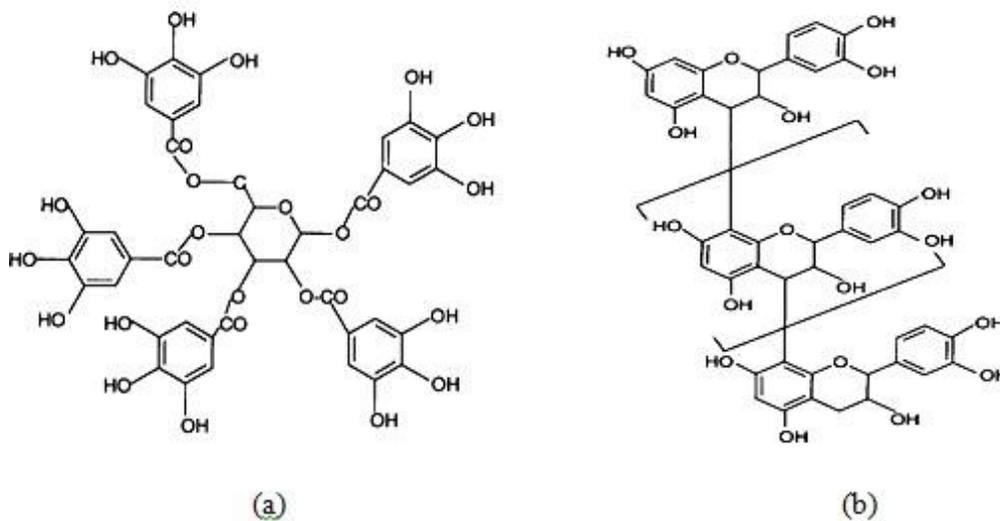


Figure 5: Structure d'un tanin hydrolysable (a) et d'un tanin condensé (b) (Ribereau-Gayon, 1968).

III. Cuisson des aliments

III.1. Définition de la cuisson

La cuisson est une opération qui consiste à chauffer un aliment à un certain niveau pendant un certain temps dans un environnement bien défini (Bimbenet et al., 2002). C'est une étape essentielle dans la préparation des aliments. Elle permet non seulement de consommer certains produits auparavant indigestes ou de mauvaise qualité gustative, mais améliore aussi la qualité bactériologique (Turkmen et al., 2005).

III.2. Impacts de la cuisson sur les aliments

La cuisson a des effets variés dont l'importance respective diffère suivant le type d'aliment et le type de cuisson. Néanmoins, ils sont répartis en trois principaux groupes : nutritionnel, sanitaire et organoleptique (**Stahl AB, 1984**).

III.2.1. Impact nutritionnel

La cuisson des légumes permet d'améliorer leur digestibilité en modifiant la structure des fibres alimentaires. Cependant, elle entraîne aussi une diminution plus ou moins marquée de la valeur nutritionnelle, soit par diffusion des constituants hydrosolubles dans l'eau de cuisson, soit par destruction des substances thermolabiles et/ou oxydables. Les pertes sont en général plus élevées pour les légumes-feuilles que pour les racines et tubercules. Elles augmentent avec le volume d'eau utilisé et la durée de la cuisson (**Causeret, 1986**). L'effet de la chaleur, ainsi que les interactions entre le produit et le milieu de cuisson entraînent une destruction des vitamines, des pertes minérales et un ramollissement des fibres. La cuisson provoque une modification de la structure des polyphénols et une diminution globale de ces substances dans les fruits et légumes. Les pertes sont très variables selon le mode de cuisson et la substance étudiée, mais elles peuvent atteindre 60% (**Véronique Liégeois et al., 2001**). D'autre part, la cuisson permet de réduire l'impact des facteurs antinutritionnels qui empêchent l'assimilation des nutriments (**Rocca-Poliméni, 2007**).

III.2.2. Impact sanitaire

La cuisson, par l'action de la température, contribue souvent à rendre les aliments plus sains. Elle entraîne la destruction de toute ou d'une partie de la flore thermosensible et l'élimination de nombreuses toxines (**Cuq et Guilbert, 1992**). Cependant, la cuisson peut avoir un effet néfaste particulièrement avec l'apparition de molécules cancérigènes, d'autant plus générées que la température de cuisson est élevée (**Sugimura, 2002**). Parmi ces composés génotoxiques : les acrylamides, les amines hétérocycliques, les amines multi-azotées et les glucides polyaromatiques. Ce sont souvent les réactions de Maillard qui sont responsables de leur apparition (**Jagerstad et Skog, 2005**).

III. 2.3. Impact organoleptique

Les caractéristiques organoleptiques d'un aliment peuvent être divisées en trois grandes catégories : l'apparence, la flaveur et la texture.

III.2.3.1. Modifications de l'apparence

L'apparence est liée aux propriétés visuelles telles que la couleur, la taille ou la forme de l'aliment. Au cours de la cuisson, l'apparence de l'aliment va varier à cause des différents phénomènes qui vont causer une modification de sa forme et de sa couleur. Un grand nombre de modifications d'apparence sont dues à des réactions chimiques dont la chaleur apportée par la cuisson n'en est que l'accélérateur. Beaucoup d'aliments voient ainsi leur volume évoluer dans un sens ou dans l'autre au cours de la cuisson, les mécanismes de gonflement et de rétraction pouvant être simultanés ou successifs. Pour l'augmentation de volume due à la chaleur, il s'agit en général soit de productions gazeuses, soit de la dilatation des gaz déjà inclus dans l'aliment avant cuisson, soit de l'absorption d'eau. Dans le cas des végétaux et en particulier des légumes frais, l'action de la chaleur provoque une dénaturation des parois celluliques des cellules (**Legrand et al, 2007 ; Cuq et Guilbert 1992 ; Grote et Fromme, 1984**) considèrent que les structures cellulaires, dans le cas de la carotte, sont clairement détériorées à partir de 60°C.

Quant aux modifications de couleur, suivant les aliments, plusieurs phénomènes sont en cause. Dans le cas des légumes, les couleurs étant souvent dues à des pigments spécifiques qui sont soit hydrophiles comme les anthocyanes, ou hydrophobes comme la chlorophylle et les caroténoïdes (**Hutchings, 1999**). Ces derniers restent sensibles au lessivage par l'eau de cuisson car ils peuvent être emportés avec d'autres composants relargués suite à la détérioration des structures végétales. Néanmoins, les caroténoïdes, souvent en grandes quantités sont peu détruits par des cuissons ménagères. En effet, la principale altération des caroténoïdes de la carotte est due à leur oxydation qui est fortement accélérée à haute température (**Rocca-Poliméni, 2007**). La chlorophylle, quant à elle, est assez sensible à la chaleur car elle est naturellement réactive (**Hutchings, 1999**).

III.2.3.2. Modifications de la flaveur

La flaveur résulte de notre perception sensorielle globale. C'est-à-dire à la fois notre sens du goût et de l'odorat, mais aussi du toucher, de la température et d'autres sensations provoquées lors de l'appréciation d'un aliment (**Moulton, 1982**). Les modifications de la flaveur résultent de plusieurs réactions physico-chimiques qui sont soit des synthèses, soit des dégradations de molécules (**Moulton, 1982**). **Parliment (1989) in Rocca-Poliméni (2007)** classe les réactions de production d'arômes en trois catégories : les productions biochimiques

par des enzymes et des micro-organismes, les productions non-enzymatiques dans lesquelles nous allons retrouver la plupart des dégradations thermiques et les réactions de Maillard. Les végétaux sont surtout concernés par les deux premières catégories. La cuisson ne sert alors, par volatilisation des molécules sous l'action de la chaleur, que d'exhausteur et de libérateur des arômes préalablement formés.

III.2.3.3. Modifications de texture

La texture est toujours liée à la micro-structure de l'aliment. Parmi ses constituants, plusieurs ont une importance particulière dans l'appréciation de la texture notamment l'état de turgescence de la vacuole, liée à la pression osmotique, la quantité et la taille des méats, la taille des parois composées de cellulose et de polysaccharides, la qualité de la lamelle moyenne qui compose la couche externe de la paroi associée à des substances pectiques et la composition du cytoplasme plus ou moins riche en lipide, en protéine ou en amidon (**Baldwin et Cotterill, 1979**).

Edwards (1999) et **Leynaude-Rouaud et al. (1992)** ont donné les grandes lignes de l'effet de la cuisson sur la texture des fruits et légumes. Les substances pectiques de la lamelle moyenne commencent à se détériorer dès le début de la chauffe. La cohésion de l'ensemble du végétal est donc atteinte. La rigidité des tissus décroît rapidement entre 55 et 60°C. Au-delà, la paroi, en grande partie responsable de la fermeté du végétal, commence à être détériorée par la déstabilisation des réseaux de microfibrilles de cellulose et d'hémicellulose qui la composent. Les membranes cellulaires deviennent perméables. L'eau contenue dans la vacuole est libérée. La cellule est alors définitivement abîmée. Dans le cas des végétaux amylacés, c'est autour de 60°C, en milieu riche en eau, qu'intervient la gélatinisation de l'amidon. Ceci correspond à la rupture des liaisons qui maintiennent l'ensemble amylose-amylopectine, Les grains d'amidon gonflent et s'hydratent. La paroi étant dénaturée, ces derniers sont éventuellement libérés dans le milieu de cuisson si celui-ci est aqueux. L'amidon gélatinisé qui se retrouve à l'extérieur des cellules peut alors donner une texture collante à l'aliment. Des enzymes participent fortement à la modification de l'aliment, en particulier dès que la paroi et les macromolécules polymérisés sont suffisamment dénaturés pour donner accès aux autres constituants. Ainsi des hydrolases, amylases et protéases accélèrent les réactions de ramollissement général. Néanmoins, souvent, l'action des enzymes est limitée par leur propre dénaturation par la température. Enfin, lorsque la cuisson se prolonge, une hydrolyse des polymères est obtenue

et souvent, seules les molécules très résistantes, cellulose et lignine en particulier restent et donnent alors une texture dite «fibreuse» à l'aliment.

III.6. Types de cuisson

Il existe diverses méthodes de cuisson (**Joyeux, 1994**). Parmi les plus utilisées dans les modes de préparation culinaire sont :

III.6.1. Cuisson dans l'eau

La cuisson dans l'eau regroupe en particulier les techniques culinaires de bouillon, de mijotage et de blanchiment des aliments. L'eau est souvent chauffée jusqu'à ébullition, ce qui donne une température de cuisson limite de 100°C et les aliments y sont plongés plus ou moins tôt pendant une durée variable, ce qui peut avoir une influence sur les caractéristiques du produit final (**Rocca-Poliméni, 2007**).

III.6.2. Cuisson à la vapeur

La cuisson à la vapeur est un procédé de cuisson qui met l'aliment en contact directe avec la chaleur en supprimant le phénomène d'osmose. L'eau devenant vapeur à la température de 100°C permet une cuisson homogène et conserve les qualités des aliments cuits (**Turkmen, 2005**). Elle conserve ainsi leur saveur et leur valeur nutritionnelle. La cuisson à la vapeur d'eau s'effectue à l'aide d'une couscoussière. Elle est en revanche plus longue que la cuisson à l'eau. Elle est très intéressante pour les légumes frais, les tubercules, le riz et les céréales sous forme de couscous (**Dauté et al., 2001**).

III.6.3. Cuisson dans la matière grasse

La cuisson dans la matière grasse correspond au procédé de friture. Elle consiste à placer l'aliment au contact d'une matière grasse, végétale ou animale, à une température supérieure à la température d'ébullition de l'eau (généralement entre 110 et 190°C). Si l'aliment est plongé complètement dans la matière grasse, on parlera de friture profonde ou par immersion, sinon de friture plate. L'eau contenue dans l'aliment atteint très rapidement sa température d'ébullition et de la vapeur est émise. C'est un procédé très utilisé, appliqué aussi bien pour les céréales que pour les pommes de terre (frites), les viandes ou les légumes (**Rocca-Poliméni, 2007**). La friture est l'une des plus anciennes méthodes de cuisson des aliments. Elle apporte rapidité et régularité à la cuisson des aliments, mais dégrade la qualité

nutritionnelle de ceux-ci, en plus d'être potentiellement cancérigène. Le procédé de friture favorise la dégradation des huiles et par conséquent la création de produits de mauvaise qualité nutritionnelle (riche en acide gras trans, en hydroperoxydes et en acides gras libres) (Selmi et Toujani, 2013).

III.6.4. Cuisson dans l'air (four, braise)

La cuisson dans l'air peut être faite soit dans un four dont les modes de fonctionnement sont variables (notamment le rapport entre la convection et le rayonnement), soit au-dessus d'un milieu chaud (plaque de cuisson, braise ou feu). Dans tous les cas, la température du milieu est élevée, de 100 à 250°C dans les fours et jusqu'au 500°C au-dessus des flammes. C'est l'un des moyens les plus utilisés pour cuire les viandes, grillades d'une part et rôtis d'autre part, mais aussi les produits céréaliers (Tong et al., 1992).

I. Matériel et méthodes

I.1. Récolte de la matrice végétale

Les échantillons de pomme de terre ont été récoltés dans un jardin d'un fermier au mois de Mai 2022 dans le village de Takeliet, une région montagneuse dans la commune de Melbou, située à 35 km au sud-est de la wilaya de Bejaïa sur la route de Jijel (**figure 6**).

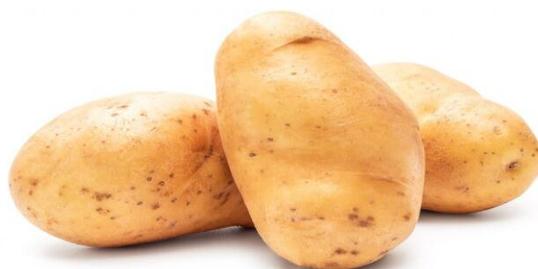


Figure 6: Photographie de la pomme de terre.

I.2. Cuisson de la pomme de terre

Ce travail est réalisé pour déterminer l'effet de la cuisson sur la teneur en substances bioactives et l'activité anti-oxydante de la pomme de terre. Nous avons comparé des pommes de terre cuites selon 5 modes de cuisson différents :

I.2.1. Cuisson dans l'eau

Après lavage à l'eau, 50g de pommes de terre non épluchées sont plongées dans 800 mL d'eau, puis cuites pendant une durée de 30 minutes.

I.2.2. Cuisson à la vapeur

Une quantité de 50g de pomme de terre non épluchées coupée en cubes de 2 cm³ est cuite à la vapeur pendant 30 minutes.

I.2.3. Cuisson au four

La pomme de terre d'une quantité de 50g est cuite au four pendant 25 minutes à une température de 110°C.

I.2.4. Cuisson dans l'huile (friture)

La pomme de terre d'une quantité de 50 g est mise dans 250 mL d'huile de tournesol chauffée à une température de 173°C pendant 15 minutes.

I.2.5. Cuisson braise

La pomme de terre entière est mise à la braise pendant 30 minutes.

I.3. Extraction

L'extraction des antioxydants est réalisée selon la méthode modifiée de **Saores et al. (2009)**. Elle consiste à faire macérer 50g de chaque échantillon (pomme de terre crue, cuite au four, frites, à la braise, à la vapeur et à l'eau) dans 100 mL d'eau distillée sous agitation magnétique à la température ambiante et à l'obscurité. Après une heure d'agitation, les extraits sont filtrés, ensuite conservés dans des flacons en verre au réfrigérateur à 4°C.

I.4. Analyses physico-chimiques

I.4.1. Détermination de la teneur en eau

Le principe de la détermination de la teneur en eau est basé sur l'élimination de l'eau contenue dans un échantillon donné par chauffage dans une étuve ventilée à 105°C jusqu'à ce que le poids de l'échantillon devienne constant (**NF V 18-109, 1982**).

La teneur en eau présente dans les différents échantillons (pomme de terre crue, cuite au four, frites, à la braise, à la vapeur et à l'eau) a été déterminée comme suit : 1 g de chaque échantillon a été pesé dans des béchers en verre, puis placés à l'étuve à 105°C jusqu'à ce que le poids soit stable (**NF V 18-109, 1982**).

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = \frac{(M1 - M2)}{P} \times 100$$

Soit,

H: Humidité (%) ;

M1 : Masse du bécher + échantillon avant séchage (g) ;

M2 : Masse du bécher + échantillon après séchage (g) ;

P : Masse de la prise d'essai (g).

I.4.2. Taux d'extraction

Afin de déterminer les rendements d'extraction, les extraits déjà préparés ont été séchés à l'étuve à 40°C jusqu'à l'évaporation totale de l'eau. Ensuite, les extraits secs sont pesés et les taux d'extraction sont déterminés comme suit :

$$\text{Taux d'extraction (\%)} = \frac{P_1 - P_0}{E} \times 100$$

Où,

P₀ : Poids du bécher vide (g) ;

P₁ : Poids du bécher après évaporation (bécher + extrait sec) (g) ;

E : Poids de la matière sèche (g).

I.4.3. Détermination de la teneur en Cendres

La détermination du taux de cendres consiste à faire calciner les échantillons dans un four à moufle à 900°C jusqu'à l'obtention d'une poudre blanche à grise (NF V05-113, 1972).

Le taux de cendres a été déterminé comme suite : 1 g de chaque échantillon (pomme de terre crue, cuite au four, frites, à la braise, à la vapeur et à l'eau) a été mis dans des creusets en porcelaine. Ces derniers sont ensuite placés dans un four à moufle à 900°C pendant 1h:30 min.

Le taux de minéraux est calculé selon la formule suivante:

$$Cd\% = \frac{(M1 - M2)}{P} \times 100$$

Tels que,

Cd: Taux de cendres (%) ;

M1 : Masse du creuset + cendres (g) ;

M2 : Masse du creuset vide (g) ;

P : Masse de la prise d'essai (g).

I.4.4. Détermination des teneurs en fer et en zinc

Les atomes à l'état fondamentale absorbent une quantité de photons proportionnelle au nombre d'atomes d'élément absorbant ce qui permet la détermination des concentrations des éléments dosés. Nous appliquons un faisceau monochromatique d'intensité connue sur les éléments à doser de leur même longueur d'onde caractéristique (Kouassi et al., 2013). Le

nombre d'atomes absorbants présents dans la flamme est déduit en mesurant l'intensité transmise en appliquant la loi de Beer-Lambert:

$$A = \log \frac{I_0}{I} = \epsilon \cdot l \cdot C$$

Où : ϵ : constante qui dépend de l'atome absorbant ; l : longueur de la flamme ; C : concentration de la solution en élément absorbant ; $\log \frac{I_0}{I}$: l'absorbance ou la densité optique.

Les échantillons à analyser ont été préparés selon le protocole de l'**AOAC (1990)** avec quelques modifications comme suite : 37.5 mL d'acide nitrique (1M) sont ajoutés aux cendres obtenues dans le dosage du taux de cendres, puis mis à évaporation totale dans un bain de sable. Après évaporation totale, 5 mL d'acide chlorhydrique sont ajoutés, puis le tout est mis dans un four à moufle à 400°C et récupéré après 30 minutes en rinçant deux fois avec 10 mL d'HCl. Ensuite, versé dans une fiole de 50 mL afin de compléter le volume avec du HCl jusqu'au trait de jauge.

Les teneurs en fer et en zinc sont déterminées à partir des courbes d'étalonnage réalisées avec du sulfate ferreux heptahydraté ($\text{FeSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$) et du sulfate de zinc heptahydraté ($\text{ZnSO}_4, 7\text{H}_2\text{O}$) respectivement (**annexe 1**).

I.4.5. Dosage des sucres totaux

Les sucres totaux sont déterminés d'après la méthode de **Dubois et al., (1956)**. Le principe de cette méthode repose sur la déshydratation des oses en milieu acide et à chaud. Cette déshydratation est accompagnée par la formation d'un hydroxy-méthylfurfural (HMF) dans le cas d'hexoses et du furfural dans celui des pentoses. La condensation de ces composés avec le phénol engendre un complexe de couleur jaune-orangé dont l'intensité est proportionnelle à la concentration des oses.

Le dosage des sucres totaux a été réalisé selon le protocole illustré sur la **figure 7**.

La concentration en sucres totaux est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec le D-glucose (**annexe 2**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent D-glucose par gramme de matière fraîche.

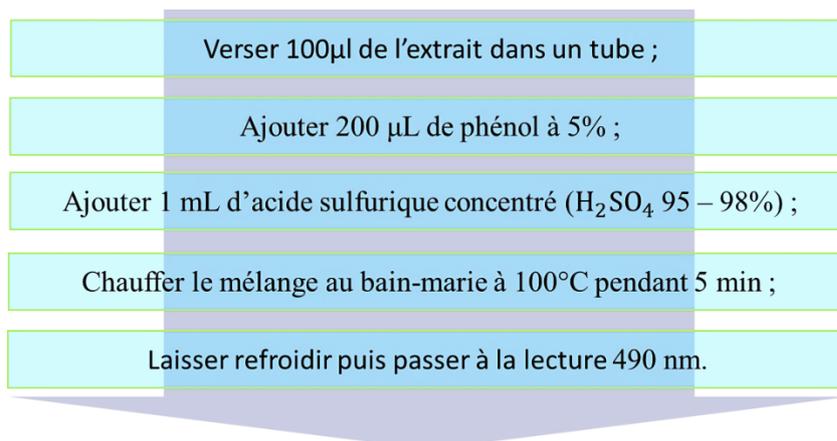


Figure 7 : Protocole de dosage des sucres totaux (Dubois et al., 1956).

I.4.6. Dosage des protéines

La détermination de la teneur en protéines dans les différents échantillons a été réalisée selon la méthode de **Bradford et al., (1976)**. Cette méthode repose sur l'adsorption du colorant bleu brillant de Coomassie G250 sur les protéines. En milieu acide, ce colorant se lie aux protéines par des liaisons ioniques avec les acides aminés basiques (arginine, histidine et lysine), et des interactions hydrophobes avec les acides aminés hydrophobes. Ces liaisons entraînent un déplacement du pic d'absorption de 465 nm à 595 nm: changement de teinte du milieu qui passe du brun orangée au bleu. Ainsi, plus il y a des protéines dans la solution, plus la coloration bleue est intense, c'est à dire que l'absorption à 595 nm est élevée.

Le dosage des protéines a été réalisé selon le protocole illustré dans la **figure 8**.

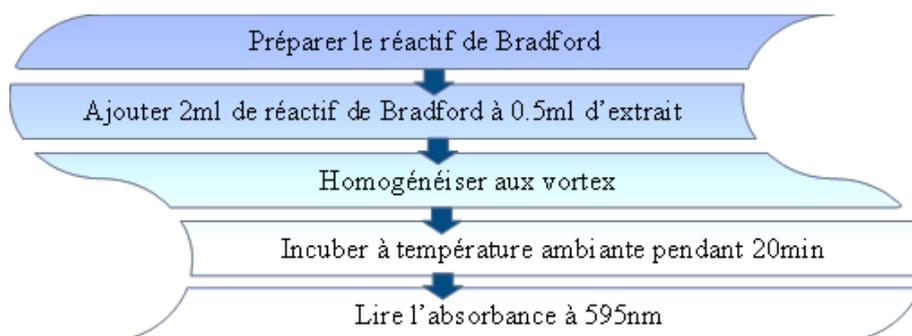


Figure 8 : Protocole de dosage des protéines (Bradford, 1976).

La teneur en protéines est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec la BSA (l'albumine de sérum bovine) (**annexe 3**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent BSA par gramme de matière fraîche.

I.5. Analyses phytochimiques

I.5.1. Dosage des polyphénols totaux

Les composés phénoliques sont généralement oxydés par le réactif de Folin-Ciocalteu. Les constituants de ce dernier, qui sont l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et l'acide phosphomolybdique ($H_3PM_{12}O_{40}$), sont réduits en un mélange d'oxydes bleus de tungstène (W_8O_3) et de molybdène (MO_3O_3). La présence de carbonate de sodium rend le milieu légèrement alcalin qui se traduit par une coloration bleu foncé (**Vuorela, 2005**).

La teneur en composés phénoliques totaux a été déterminée selon la méthode décrite par **Singleton et Rossi (1965)**. 0,5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu ont été ajoutés à 0,1 mL de chaque extrait. Après trois minutes, 1,5 mL du monocarbonate de sodium (20%) ont été additionnés. Ces mélanges sont ajustés avec de l'eau distillée jusqu'à 10 mL, puis incubés à l'obscurité. Après 2 heures d'incubation, la lecture des absorbances a été faite à 760 nm.

La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (**annexe 4**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent acide gallique par gramme de matière fraîche (mg EAG/g MF).

I.5.2. Dosage des flavonoïdes

Les groupements hydroxyles (OH) des flavonoïdes forment un complexe très stable avec le chlorure d'aluminium ($AlCl_3$). Ce complexe jaune absorbe la lumière visible à une longueur d'onde de 430 nm (**Ribéreau-Gayon, 1968**).

La teneur en flavonoïdes a été déterminée par la méthode d' $AlCl_3$ de **Lamaison et Carnat (1990)** qui est décrite comme suit : 1 mL du chlorure d'aluminium (2%) a été ajouté à 1 mL de chaque échantillon. Ces mélanges ont été ensuite incubés à l'obscurité. Après 15 minutes d'incubation, la lecture des absorbances a été faite à 430 nm.

La teneur en flavonoïdes des différents extraits a été déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec de la quercétine (**annexe 5**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine par gramme de matière fraîche (mg EQ/g MF).

I.5.3. Dosage des flavonols

La teneur en flavonols a été déterminée par la méthode de **Kumaran et Karunakaran (2007)**. Cette méthode consiste à ajouter 0,5 mL de chlorure d'aluminium (2%) et 0,75 mL d'acétate de sodium à 0,5 mL de chaque extrait. Ces mélanges sont ensuite incubés pendant 30 minutes, puis leurs absorbances sont lues à 440 nm.

La teneur en flavonols des différents extraits a été déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec de la quercétine (**annexe 6**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine par gramme de matière fraîche (mg EQ/g MF).

I.5.4. Dosage de la vitamine C

Le dosage de l'acide ascorbique est basé sur la réaction d'oxydation de la vitamine C par le 2,6-dichlorophenol indophenol (DCPIP) en milieu acide. L'indication de la présence de vitamine C se traduit par le virage du réactif de la couleur bleu en rose pâle (**Hughes, 1983**).

La teneur de la vitamine C dans les différents échantillons a été déterminée selon le protocole décrit par **Mau et al. (2005)** avec quelques modifications comme suite : dans des erlenmeyers, 40 mL d'acide oxalique (0,4%) ont été ajoutés à 5 g de chaque échantillon. Ces mélanges sont ensuite agités. Après 15 minutes d'agitation, les extraits obtenus sont filtrés, puis centrifugés à 5000 rpp pendant 20 minutes. Après centrifugation, 500 µL de chaque surnageant sont ajoutés à 2.5 mL de DCPIP (0.003%). La lecture des absorbances a été ensuite faite à 515 nm.

La concentration en vitamine C est mesurée en référence à une courbe d'étalonnage réalisée avec de l'acide ascorbique (**annexe 6**). Les résultats sont exprimés en mg d'équivalent acide ascorbique par g de matière fraîche.

I.6. Évaluation de l'activité antioxydante

Dans le but d'évaluer l'activité antioxydante des différents échantillons, deux tests différents ont été réalisés : le pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium et le test anti-radicalaire au DPPH[•].

La détermination de l'activité scavenger du radical DPPH^{*} des différents échantillons a été menée selon la méthode de **Blois (1958)** (tableau IV).

Tableau IV: Mode opératoire du test de DPPH^{*} (**Blois, 1958**).

Dilution	A	B	C	D	E
Extrait (µL)	200	400	600	800	1000
Eau (µL)	800	600	400	200	0
Ethanol (mL)	1	1	1	1	1
DPPH (mL)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Volume total (mL)	2.15				

I.7. Analyse statistique

L'analyse statistique qui consiste en la détermination des moyennes et écarts types des tests est faite à l'aide du **Microsoft Excel 2010**. Tandis que l'analyse de la variance (ANOVA) pour comparer les résultats de certaines analyses est effectuée grâce au logiciel **Statistica 7.1**, ainsi, les valeurs *P* inférieures à 0,05 ont été jugées comme significatives.

II. Résultats et discussion

II.1. Analyses physico-chimiques

II.1.1. Taux d'extraction

L'extraction utilisée est de type solide-liquide, c'est-à-dire que le solvant doit franchir la barrière de l'interface solide-liquide, dissoudre le principe actif à l'intérieur du solide et le soluté sortira. La plupart des auteurs suggèrent que l'entrée du solvant se fait par un mécanisme osmotique et la sortie du soluté par diffusion (**Ribereau-Gayon, 1968**). Après macération, filtration et évaporation des filtrats, le taux d'extraction a été déterminé pour chaque extrait (**figure 10**).

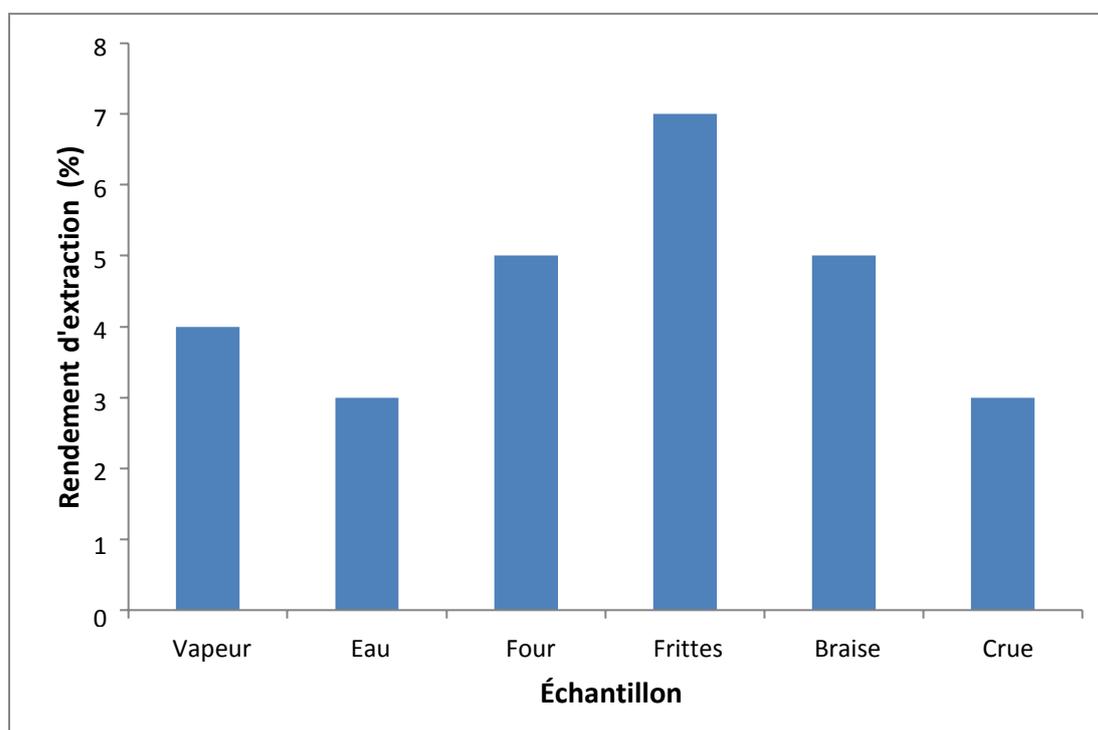


Figure 10 : Rendements d'extraction des pommes de terre selon les différents modes de cuisson utilisés.

La **figure 10** montre que c'est l'extrait aqueux des frites qui a donné le meilleur rendement d'extraction (7%), suivi de celui du four et à la braise (5%), ensuite l'extrait de la pomme de terre cuite à la vapeur (4%). Les plus faibles rendements d'extraction reviennent aux extraits de pommes de terre cuites dans l'eau et crue (3%).

D'après **Naczk et Shahidi (2006)**, l'extraction peut être influencée par la méthode d'extraction, la taille des particules et les conditions de préparation de l'échantillon.

II.1.2. Test d'humidité

La teneur en eau contenue dans les légumes et les fruits est généralement comprise entre 75-95% du poids total, cette dernière a une grande importance car elle contribue à l'apport hydrique du corps humain (Lecerf, 2018).

Les résultats du test d'humidité des 6 échantillons de pomme de terre sont présentés sur la **figure 11**.

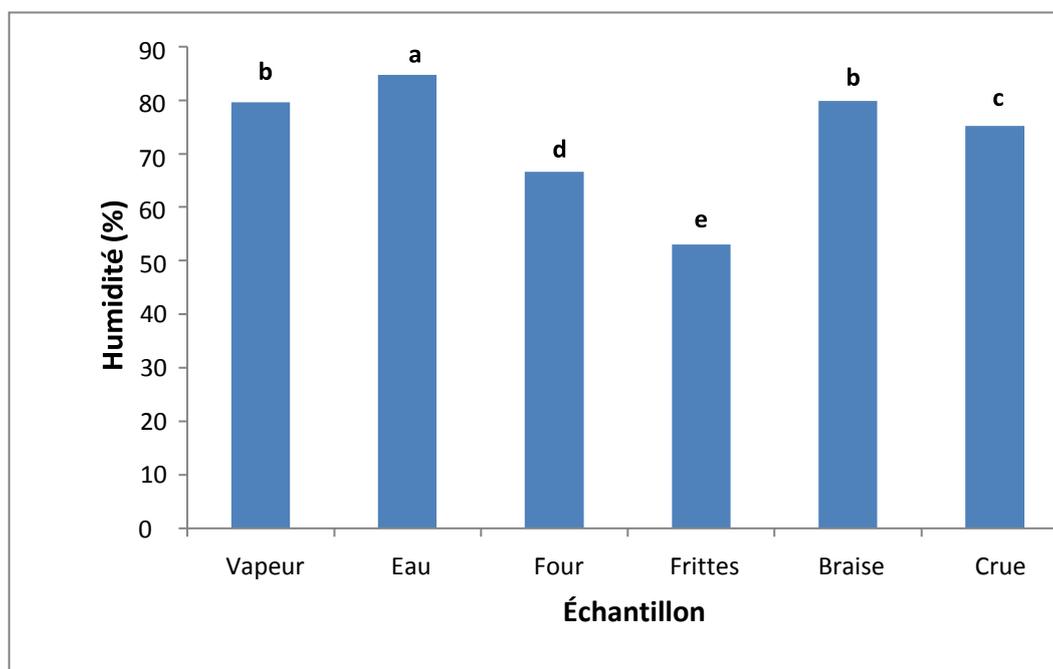


Figure 11 : Test d'humidité des pommes de terre selon les différents modes de cuisson utilisés (a>b>c>d>e).

La **figure 11** montre que c'est l'extrait de pommes de terre cuites dans l'eau qui présente le taux d'humidité le plus élevé ($84,7 \pm 6,3\%$) et la valeur la plus faible a été enregistré pour l'extrait des frites ($53 \pm 1,1\%$).

L'étude statistique a montré qu'il n'y a pas de différence significative entre la teneur en eau contenue dans l'extrait de pommes de terre cuites à la braise ($79,8 \pm 0,56\%$) et celui des pommes de terre cuites à la vapeur ($79,6 \pm 0,99\%$).

Selon la **FAO (2008)**, la teneur en eau dans la pomme de terre crue est entre 72 et 75%. Cette valeur est proche de celle trouvée dans ce présent travail ($75,2 \pm 1,7\%$).

II.1.3. Taux de cendres

La détermination du taux de cendres nous éclaire sur la qualité nutritionnelle de l'échantillon à analyser (Gaouar, 2011).

Les résultats du test des cendres des 6 échantillons de pomme de terre sont présentés sur la figure 12.

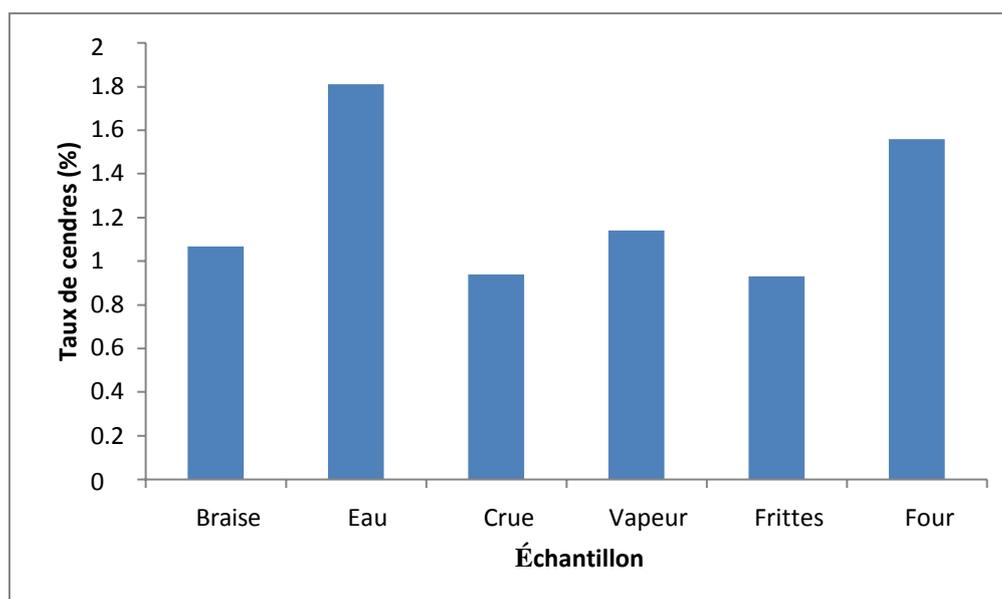


Figure 12: Taux des cendres trouvés dans les différents échantillons de pomme de terre.

La figure 12 montre que c'est l'extrait aqueux des frites qui a donné le meilleur taux de cendres (1.81%), suivi de celui à la braise (1.56%), ensuite l'extrait de la pomme de terre crue (1.14%), puis celui des pommes de terre cuites au four (1.067%). Les plus faibles rendements d'extraction reviennent aux extraits de pommes de terre cuites à la vapeur et dans l'eau (0.94 et 0.93% respectivement).

Selon le département de l'agriculture des états unis (USDA) (2008), le taux de cendres dans la pomme de terre crue est de 0.0016 g/100 g. Cette valeur est inférieure à celle trouvée dans ce présent travail (1.14 %).

Ces résultats indiquent que la pomme de terre est riche en minéraux.

II.1.4. Résultats de la SAA

II.4.1.1. Dosage du fer

La pomme de terre est une plante qui réussit dans la plupart des sols, mais elle préfère les sols légers et légèrement acides, elle se développe mieux sur les sols argileux.

Les teneurs moyennes en fer (Fe) dans les différents échantillons de pommes de terre sont données sur la **figure 13**.

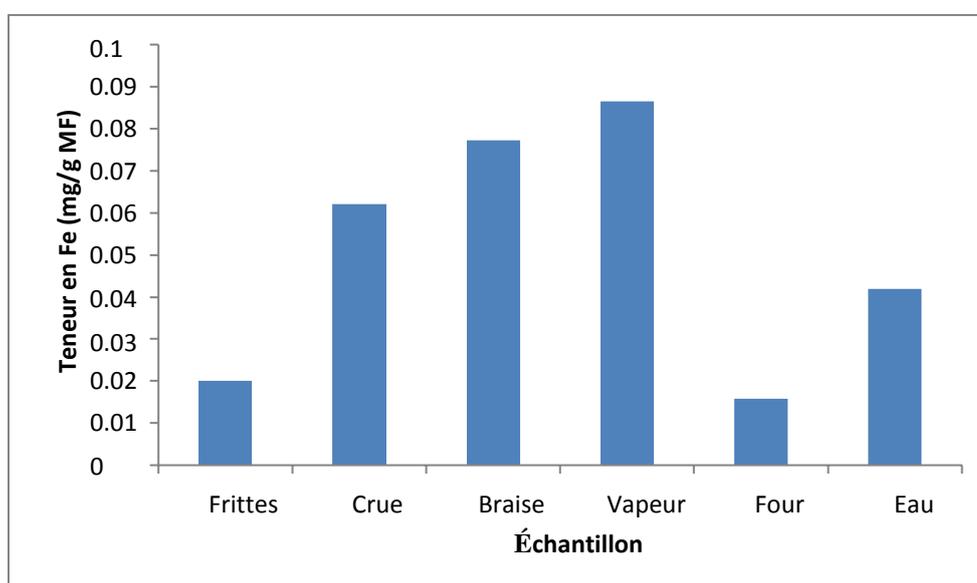


Figure 13 : Teneurs moyennes en fer (mg/g MF).

Les résultats obtenus indiquent que les teneurs en fer varient d'un échantillon à l'autre. Les teneurs moyennes en fer sont de 0,086 (mg/g MF) pour l'extrait de la pomme de terre cuite à la **braise**, 0,077 (mg/g MF) pour celui à la **vapeur**, 0,062 (mg/g MF) pour celui au **four**, 0,042 (mg/g MF) pour l'extrait des **frites**, 0,02 (mg /g MF) pour celui dans l'**eau** et en dernier 0,016 (mg /g MF) pour le **crue**.

II.4.1.2. Dosage de zinc

Les teneurs moyennes en zinc (Zn) dans les différents échantillons de pommes sont données sur la **figure 14**.

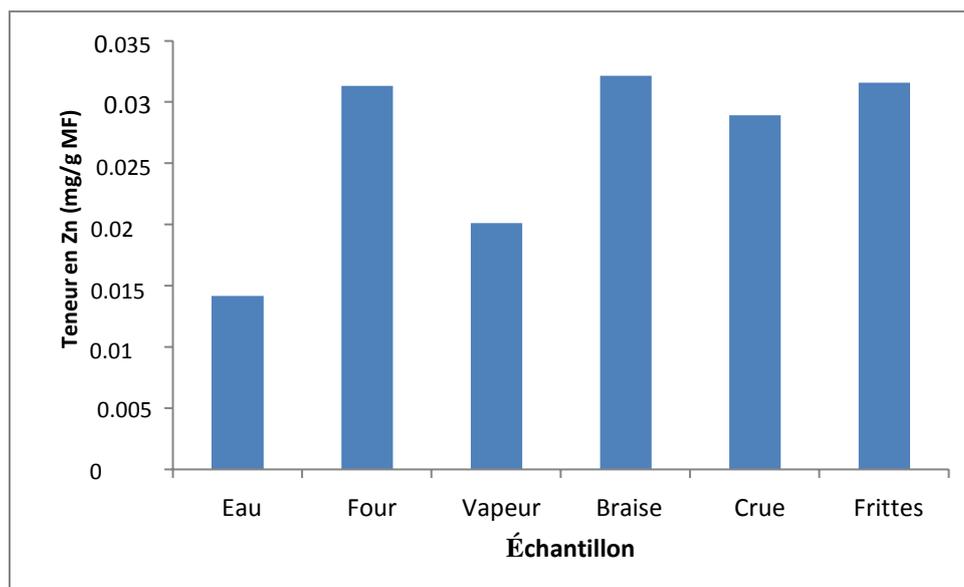


Figure 14: Teneurs moyennes en Zn (mg/g MF).

La **figure 14** montre que les teneurs en Zn varient d'un échantillon à l'autre. Les teneurs moyennes en Zn sont respectivement dans l'ordre de 0,032 (mg/g MF) pour l'extrait de la pomme de terre cuite à la braise, 0,031 (mg/g MF) pour les extraits de pomme de terre frites et cuite au four, 0,029 (mg/g MF) pour l'extrait de pomme de terre crue, 0,02 (mg/g MF) pour celui à la vapeur et enfin 0,014 (mg/g MF) pour celui de la pomme de terre cuite dans l'eau.

II.1.5. Dosage des sucres totaux

Les résultats de dosage des sucres totaux dans les différents extraits de pommes de terre sont présentés sur la **figure 15**.

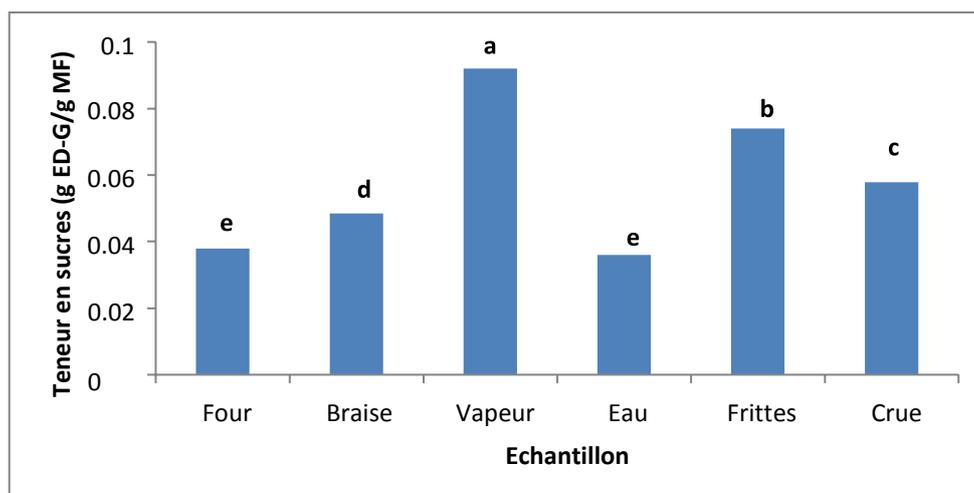


Figure 15: Teneur en sucres totaux dans les différents extraits de pommes de terre (g E D-glucose/g MF). Les lettres a, b, c, d et e indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

Les résultats illustrés sur la **figure 15** montrent que la teneur en sucres est variable d'un échantillon à l'autre. Nous remarquons que l'échantillon cuit à la **vapeur** présente la plus grande teneur en sucres avec $0,092 \pm 0,0015$ g ED-G/g MF, suivi de celui cuit dans l'huile (frites) avec une teneur de $0,074 \pm 0,00018$ ED-G/g MF, ensuite l'échantillon **crue** avec une teneur de $0,058 \pm 0,00045$ g ED-G/g MF, puis celui cuit à la **braise** avec une teneur de $0,049 \pm 0,0023$ g ED-G/g MF, suivi par l'échantillon cuit au **four** avec une teneur de $0,038 \pm 0,0004$ g ED-G/g MF et enfin celui cuit dans **l'eau** avec une teneur de $0,036 \pm 0,0022$ g ED-G/g MF.

La pomme de terre est constituée de 17-19% de sucres totaux, constitués principalement par l'amidon (17% du poids de la matière fraîche) et accessoirement par le saccharose et des monosaccharides réducteurs. Ces deux dernières composantes donnent le goût sucré à cet aliment végétal. La teneur en sucres réducteurs dépend de la variété de la pomme de terre et de ses conditions de culture (**Jean-Marie Pelt, 1993**).

La chaleur de combustion des glucides dépend de leur structure moléculaire.

L'amidon de la pomme de terre est très peu digestible et doit obligatoirement être partiellement gélatinisé par la cuisson.

II.1.6. Dosage des protéines

Les résultats de dosage des protéines dans les différents extraits de pommes de terre sont présentés dans le **tableau V**.

Tableau V : Teneur en protéines dans les différents extraits de pommes de terre.

Échantillon	Teneur en protéines (g EBSA/g MF)
Four	0.0815 ± 0.01
Braise	-
Frites	-
Vapeur	0.117 ± 0.01
Eau	0.065 ± 0.006
Crue	-

EBSA: Equivalent Bovine Sérum Albumine.

Le tableau V représente les résultats de la teneur en protéines exprimé en g EBSA/g MF pour chaque mode de cuisson de la pomme de terre. Nous remarquons que la teneur en protéine est variable entre les échantillons.

Nous constatons clairement que l'échantillon cuit à la **vapeur** possède la plus grande teneur en protéines 0.117 ± 0.01 g EBSA/g MF, suivi par l'échantillon cuit au **four** avec une teneur en protéines de 0.0815 ± 0.01 g EBSA/g MF, et en dernier celui cuit dans **l'eau** présente la plus faible teneur en protéines de 0.065 ± 0.006 (g EBSA/g MF). Pour les extraits de pommes crues et cuites à la braise et à l'huile, les teneurs en protéines n'ont pas pu être déterminées.

Les traitements thermiques influencent sur les caractéristiques organoleptiques des aliments tels que les protéines en provoquant leurs modifications ou dénaturation, et il dépend aussi du type de cuisson choisi et le temps de cuisson (**Patrick et al., 1996**).

La méthode de Bradford est simple, peu couteuse et très rapide, mais affectée par les détergents et les bases fortes, et réagit positivement avec les polyphénols hydrosolubles de haut poids moléculaire (tanin), et ne peut détecter les peptides et les protéines de bas poids (**Bradford et Marion, 1976**).

II.2. Analyses phytochimiques

II.2.1. Teneur en polyphénols totaux

Les résultats du dosage des polyphénols totaux à partir des différents extraits aqueux de pommes de terre sont présentés sur la **figure 16**.

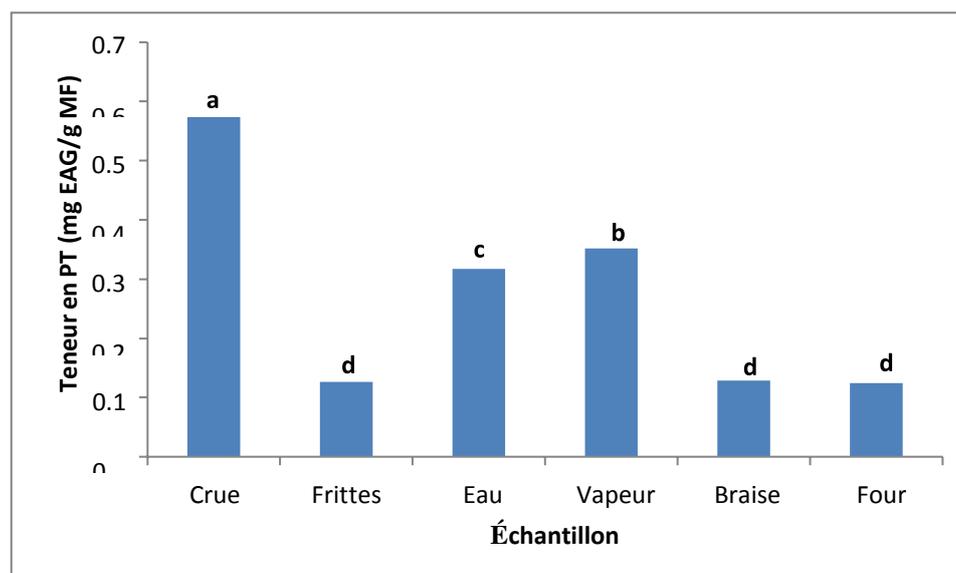


Figure 16 : Teneur en polyphénols totaux dans les différents extraits aqueux de pommes de terre. Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

La **figure 16** montre que c'est l'extrait de pomme de terre crue qui est plus riche en polyphénols totaux ($0,574 \pm 0,16$ mg EAG/g MF), suivi de l'extrait de pommes de terre cuite à la vapeur ($0,35 \pm 0$ mg EAG/g MF), ensuite celui de pommes de terre cuite dans l'eau ($0,317 \pm 0,007$ mg EAG/g MF), puis l'extrait de l'échantillon à la braise ($0,129 \pm 0,008$ mg EAG/g MF) et celui dans l'huile ($0,126 \pm 0,0014$ mg EAG/g MF). Enfin, la dernière teneur a été enregistrée pour l'échantillon cuit au four ($0,124 \pm 0,004$ mg EAG/g MF).

Nous constatons que la cuisson a fait diminuer la teneur en polyphénols totaux.

Selon **Véronique Liégeois et al. (2001)**, la cuisson provoque une modification de la structure des polyphénols et une diminution globale de ces substances dans les fruits et légumes. Les pertes sont très variables selon le mode de cuisson et la substance étudiée, mais elles peuvent atteindre 60%.

II.2.2. Teneur en flavonoïdes

Les résultats du dosage des flavonoïdes à partir des différents extraits aqueux de pommes de terre sont illustrés sur la **figure 17**.

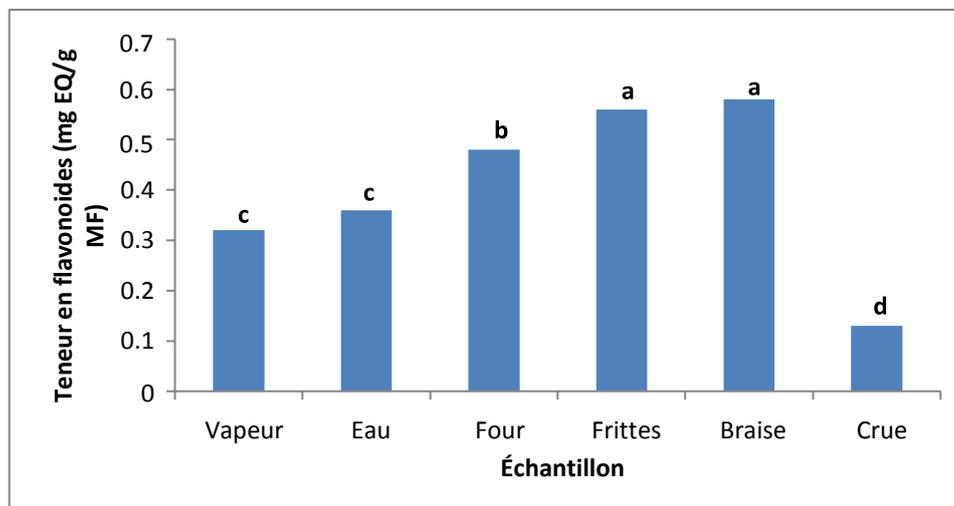


Figure 17 : Teneur en flavonoïdes dans les différents extraits aqueux de pommes de terre. Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

Les teneurs en flavonoïdes se diffèrent selon les échantillons et leurs modes de cuisson, la **figure 17** le montre bien. La teneur la plus élevée est celle de l'extrait de pommes de terre cuit à la **braise** ($0,582 \pm 0,026$ mg EQ/g MF), ensuite celle des **frites** ($0,561 \pm 0,015$ mg EQ/g MF). Pour les autres échantillons les teneurs sont moindres: $0,48 \pm 0,033$ mg EQ/g MF pour celui cuit dans le **four**, suivi de celui dans l'**eau** ($0,36 \pm 0,03$ mg EQ/g MF). Enfin, les deux dernières teneurs sont celle de l'extrait de pomme de terre cuite à la **vapeur** ($0,315 \pm 0,0027$ mg EQ/g MF) et celle de la pomme de terre **crue** ($0,13 \pm 0,0098$ mg EQ/g MF).

Nous constatons que la pomme de terre après cuisson contient plus de flavonoïdes que la crue.

Selon différentes études, une fois cuite, la pomme de terre conserve jusqu'à la moitié de son contenu en composés phénoliques (incluant les acides phénoliques et les flavonoïdes) et même jusqu'à 97% dans certains cas (**Giet Lucie, 2016**).

II.2.3. Teneur en flavonols

Les résultats du dosage des flavonols à partir des différents extraits aqueux de pommes de terre sont illustrés sur la **figure 18**.

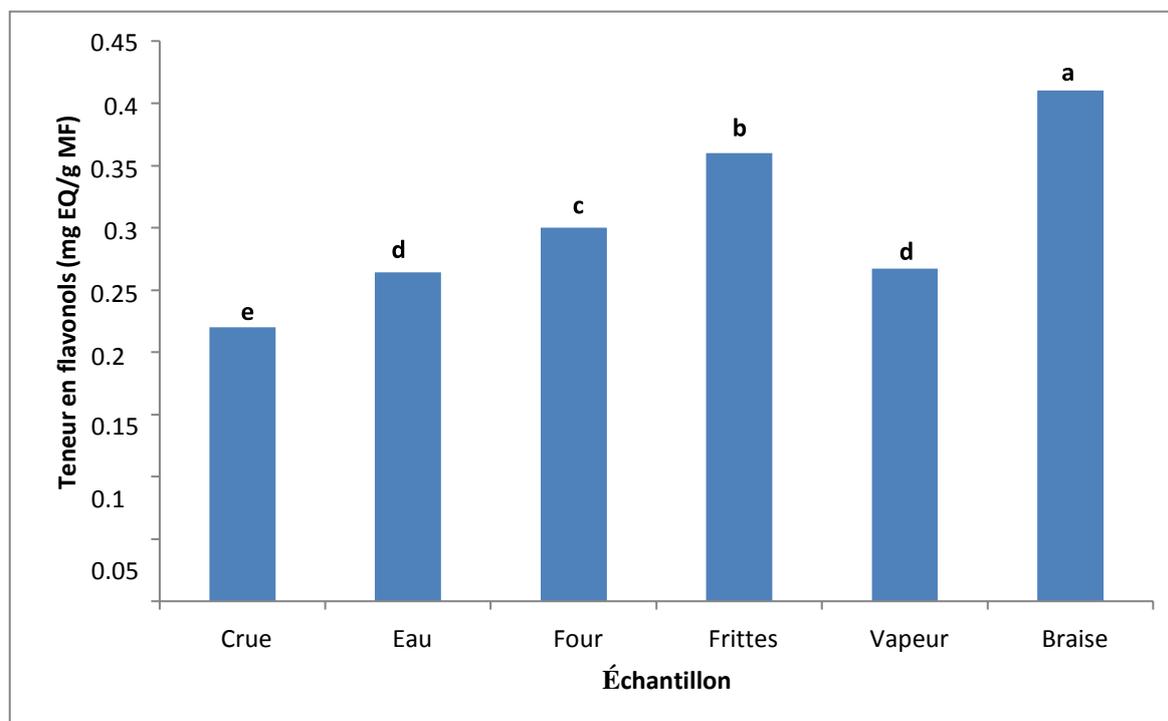


Figure 18: Teneurs en flavonols des différents échantillons de pommes de terre. Les lettres a, b, c, d et e indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

La **figure 18** montre que la teneur la plus élevée de flavonols correspond à l'extrait de pommes de terre cuites à la braise ($0,41 \pm 0,011$ mg EQ/g MF), directement suivi par celle des frites ($0,36 \pm 0,005$ mg EQ/g MF), ensuite celle au four ($0,3 \pm 0,033$ mg EQ/g MF), puis celles dans l'eau et à la vapeur ($0,264 \pm 0,0012$ et $0,267 \pm 0,042$ mg EQ/g MF respectivement), enfin vient celle de la pomme de terre crue ($0,22 \pm 0,011$ mg EQ/g MF).

Nous constatons que la pomme terre après cuisson contient plus de flavonols que la crue.

II.2.4. Test du pouvoir scavenger du radical DPPH^{*}

Après l'incubation du complexe antioxydant-radical DPPH^{*}, une décoloration progressive du violet a été observée. Au cours de la mesure de l'absorbance, nous avons constaté une diminution de l'absorbance à 517 nm.

L'activité antioxydante des échantillons est exprimée en IC₅₀. Ce paramètre a été employé par plusieurs groupes de chercheurs pour présenter leurs résultats, il définit la concentration efficace du substrat qui cause la perte de 50% de l'activité du radical DPPH^{*}. Plus la valeur de IC₅₀ est petite plus l'extrait est considéré comme un antioxydant puissant.

Les valeurs des IC₅₀ calculées pour les extraits des échantillons de la pomme de terre sont élucidées sur l'histogramme de la **figure 19** et sont exprimées en (g/L).

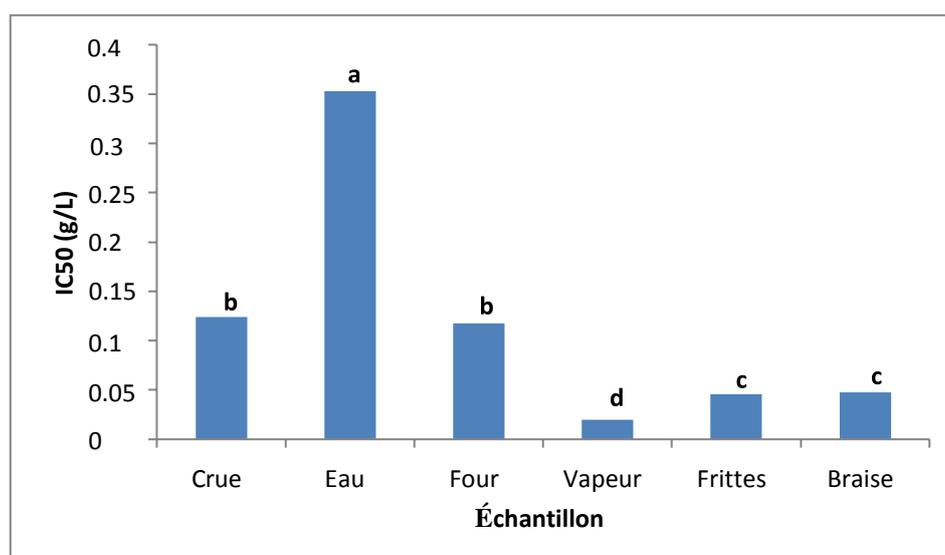


Figure 19: Résultats de l'activité scavenger du radical DPPH^{*}. Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

La **figure 19** montre que c'est l'extrait de pommes de terre cuites au four qui présente le pouvoir antioxydant le plus élevé car présente la IC₅₀ la plus faible ($0,0196 \pm 0,0046$ g/L). Alors que l'extrait de pommes de terre cuites dans l'huile (frites) présente le pouvoir antioxydant le plus faible ($IC_{50} = 0,353 \pm 0,06$ g/L). L'étude statistique montre qu'il n'y a pas de différences significatives entre le pouvoir antioxydant de l'extrait de pommes de terre cuites à la braise et celui à la vapeur (IC_{50} : $0,124 \pm 0,03$ et $0,117 \pm 0,0098$ respectivement) et aussi entre celui crue et celui cuit à l'eau (IC_{50} : $0,0479 \pm 0,0041$ et $0,046 \pm 0$ respectivement).

L'activité antioxydante de la pomme de terre est principalement due aux composés actifs qu'elle contient.

Chaque échantillon 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 échantillons et les modes de cuisson. L'activité antioxydante dépendant, non seulement, de la structure des antioxydants, mais aussi de l'interaction entre les composés des échantillons (Al-Farsi et al. 2008).

Selon Giet Lucie (2016), la capacité antioxydante n'est pas beaucoup affectée par la cuisson.

II.2.5. Test du pouvoir réducteur au molybdate d'ammonium

La capacité antioxydante s'exprime par la réduction de l'ion Mo^{6+} en ion Mo^{5+} , ce dernier se complexant avec le phosphate qui aboutit à une couleur verte dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de l'extrait (Prasad et al., 2009).

Les résultats du test du pouvoir réducteur des 6 extraits de pommes de terre sont présentés sur la **figure 20**.

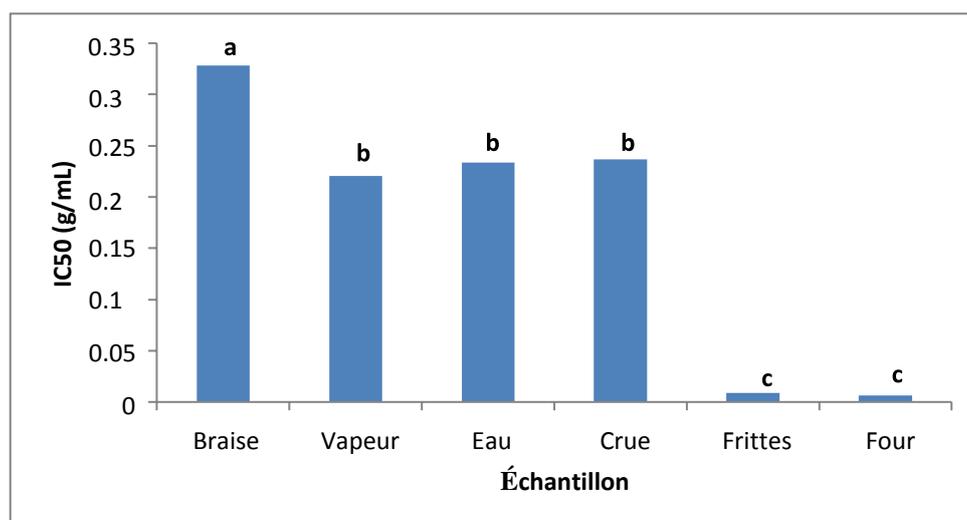


Figure 20: Résultats du test du pouvoir réducteur au molybdate d'ammonium. Les lettres a, b, et c indiquent des différences significatives ($p < 0,05$).

La **figure 20** montre que les différents extraits de pommes de terre cru, cuites à la braise, à la vapeur, à l'eau, à l'huile et au four ont inhibé 50% des radicaux libres pour les concentrations de $0,24 \pm 0,0073$; $0,33 \pm 0,00066$, $0,22 \pm 0,0$; $0,233 \pm 0,0003$, $0,009 \pm 0,0$ et $0,00062$ g/mL respectivement.

Les résultats montrent clairement que l'extrait à la braise a le pouvoir réducteur le plus élevé par rapport aux autres

Ce pouvoir antioxydant observé dans les six extraits peut être dû essentiellement à la richesse des extraits en polyphénols particulièrement les flavonoïdes, et aussi en fonction des structures chimiques des molécules bioactives. Selon **Hewitt (1956)**, la disponibilité du pouvoir antioxydant au molybdate d'ammonium est très fortement reliée au pH, lorsque le pH est élevé le molybdène devient disponible.

La pomme de terre constitue la principale denrée alimentaire et une ressource financière des populations à l'échelle mondiale. Ses qualités nutritives et sa facilité de culture font qu'elle est devenue l'un des aliments de base les plus consommés.

Cette étude a été menée dans le but d'évaluer l'effet de différents modes de cuisson sur l'activité antioxydante et les substances bioactives de la pomme de terre.

Une analyse quantitative des polyphénols totaux, des flavonoïdes, des flavonols, des protéines, des sucres totaux, des cendres, teneurs en fer et en zinc et le taux d'humidité des échantillons a été effectuée. Ensuite, l'activité antioxydante des différents extraits a été évaluée par deux tests : le pouvoir réducteur au molybdate d'ammonium et l'activité anti radicalaire du DPPH^{*}.

À la lumière des résultats obtenus, pour certaines analyses comme la teneur en protéines, en sucres totaux et en polyphénols totaux, c'est l'extrait cuit à la vapeur qui présente les teneurs les plus élevées. Pour les autres tests (teneurs en flavonoïdes, flavonols, en fer et en zinc), c'est l'extrait de pomme de terre cuite à la braise qui présente les teneurs la plus élevées. Quant à l'activité antioxydante, c'est l'extrait de pommes de terre cuite au four qui présente le pouvoir antioxydant le plus élevé.

Il est souhaitable de compléter le présent travail par :

- L'étude des autres modes de cuisson tels que la cuisson aux micro-ondes et la cuisson à la vapeur sous pression ;
- Caractérisation des différents extraits par LC-MS, UPLC et la RMN.

Références bibliographiques :

A

Alilat Y, (2017). Pommes de terre : La spéculation à l'origine de la hausse des prix le quotidien d'Oran. 31 janvier 2017. N° 6748.

Amarowicz, R., Pegg, R.B., Rahimi-Moghaddam, Barl, B., Weil, J.A.,(2004). Free-radical scavenging capacity and antioxydant activity of selected plant species from the Canadian prairies. Food chemistry 84, 551-562.

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.

AOAC, (1990). Official method of Analysis. Association of official Analytical chemists, food composition, Official Analytical Chemists, additives natural contaminant. Adrich RC (éd) Vol 2, 15e éd. Association des officiels chimistes analytiques, Inc USA.

Arabshahi-D, S., Devi, D.V., Urooj, A, (2007). Evaluation of antioxidant activity of some plant extracts and their heat, pH and storage stability. Food Chemistry 100, 1100–1105.

Arvy, M-P et Galouin, F, (2007). Légumes d'hier et d'aujourd'hui. Édition Belin. 608p.

Auroi, C, (1987). Exposé présenté à la conférence générale de l'Association Européenne des Institut de Formation et des Recherche en matière de Développement (EADI) , 1-5 sep.1987, France.

Atef M. et K. Nassar, (2009). Use of Somatic Embryogenesis in Potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Russet Burbank Improvement. These de doctorat. Department of Plant Science, McGill University, Montreal, Quebec, Canada.

B

Balasundram, N., Sundram, K., Sammam, S, (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products : Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. Food Chemistry 99, 1991-203.

Barizão, É.O., Visentainer, J.V., ALMEIDA, V.C., Ribeiro, D., Chisté, R.C., Fernandes, E, (2016). *Citharexylum solanaceum* fruit extracts: Profils of phenolic compounds and carotenoids and their relation with ROS and RNS scavenging capacities. Food Research International 86, 24-33.

Bastos, D. H. M., De Oliveira, D. M., Matsumoto, R. T., Carvalho, P. D. O., & Ribeiro, M. L. (2007). Yerba mate: pharmacological properties, research and biotechnology. Med Aromat Plant Sci Biotechnol, 1(1), 37-46.

Bendif H, (2017). Caractérisation phytochimique et détermination des activités biologiques in vitro des extraits actifs de quelques lamiaceae: ajuga iva (l.) schreb., teucrium polium l., thymus munbyanus subsp. Coloratus (boiss. & reut.) greuter & burdet et rosmarinus eriocalyx jord & fourr. Thèse de doctorat, Ecole normale supérieure de kouba-Alger, 154 p.

Berger, M.M, (2006). Manipulations nutritionnelles du stress oxydant : état des connaissances. Nutrition Clinique et Métabolisme 20 (1), 48-53.

Bergthaller W, Witt W et Goldeau H-P, (1999). Potato starch technology. Starch/Stärke, 51 : 235-242.

Bimbenet J-J., Duquenoy A. et Trystram G, (2002). Génie des procédés alimentaire. Des bases aux applications, Dunod, Paris. biological systems. Free Radical Biology and Medicine, 18: 125-126.

Blois M-S. (1958). Antioxidant determinations by the use of stable free radical. Nature, 181: 1199-1200.

Bossokpi, M.I.P.L, (2003). Étude des activités biologiques de Fagara zanthoxyloides Lam (Rutaceae). Thèse de doctorat. Université de Bamakou. 127 p.

Bougatef, A., Hajji, M., Balti, R., Lassoued, I., Triki-Ellouz, Y., & Nasri, M. (2009). Antioxidant and free radical-scavenging activities of smooth hound (*Mustelus mustelus*) muscle protein hydrolysates obtained by gastrointestinal proteases. Food chemistry, 114(4), 1198-1205.

Bradford M. M, (1976). A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. Analytical biochemistry, 72 (1-2), 248-254.

Bradford, Marion M. (May 1976). "A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding". *Analytical Biochemistry*. 72 (1-2): 248-254.

Bruneton, J. (1999). *Pharmacognosie : Phytochimie et plantes médicinales*. 3^{ème} édition. Technique et Documentation, Paris. 1120 p.

Bureau, S., Mouhoubi, S., Touloumet, L., Garcia, C., Moreau, F., Bédouet, V., et Renard, C. M. (2015). Are folates, carotenoids and vitamin C affected by cooking? Four domestic procedures are compared on a large diversity of frozen vegetables. *LWT-Food Science and Technology*, 64(2), 735-741.

C

Causeret J. (1986). Caractéristiques nutritionnelles et bon usage de nos aliments. In : *L'alimentation humaine. Evolution et tendances*. Documents Inra P 60, Dijon, 1 – 15.

Chun O., Kim D., Smith N., Schroeder D., Han J. et Lee C. (2005). Daily consumption of phenolics and total antioxidant capacity from fruit and vegetables in the american diet. *Journal of Science. Food Agricultural*, 85 : 1715-1724.

CNCC, (2013). Centre National de Contrôle et de Certification des Semences. Bilan de la réunion de coordination. Algérie.

Cuq L. et Guilbert S. (1992). Cuisson et conservation des aliments, dans *Alimentation et nutrition humaines*, Dupin H., Cuq J.L., Malewiak M.I., Leynaud-Rouaud C. et Berthier A.M., ESF, Paris, 1182-1134.

D

Dauté C-M., Barrot L. et Chevalier P. (2001). Produits végétaux riches en carotènes. Fiches descriptives et pratiques à l'usage des pays Sahéliens. IRD : 30p.

DUCREUX, G., ROSSIGNOL, L & ROSSIGNOL, M. (1986). –La pomme de terre. *La Recherche*, 174, pp. 193-203.

Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Robert P.A., Smith F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem.*, 28, 350-356.

D.S.A.S.I (2017). Direction des Statistiques Agricoles et des Systèmes d'Information de la wilaya deBejaia.

E

Edwards M, (1999). Vegetables and fruits, in Food texture: Measurement and perception, Aspen Publishers, Gaithersburg 9: 259-281.

Elzebroek T et K. Wind, (2008). Guide to Cultivated Plants. CAB International, Oxfordshire, UK. pp 368 - 371. In : Atef M. et K. Nassar. 2009. Use of Somatic Embryogenesis in Potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Russet Burbank Improvement. These de doctorat. Department of Plant Science, McGill University, Montreal, Quebec, Canada.

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.

FAOSTAT, (2007). Base de données statistiques de la FAO, domaine de la production agricole [en ligne]. Rome : Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Division de la statistique.

FAOSTAT. (2008). Année internationale de la pomme de terre.

FAO., 2008. Eclairage sur un trésor enfoui. Année internationale de la pomme de terre. Etude FAO, Rome.

FAO. (2014). Food and Agriculture Organization.

FAO. (2018). Food and Agriculture Organization.

Favier A. (2003). Le stress oxydant: intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. *L'Actualité chimique*. 11: 108-115.

Finotti E., Bertone A., Vivanti V, (2006).Balance between nutrients and antinutrients in nine Italian potato cultivars.Food Chemistry: 99 : 698–701.

Fontaine, E., Barnoud, D., Schwebel, C., Leverve, X., (2002). Place des antioxydants dans la nutrition du patient septique. Editions scientifiques et médicales, Grenoble. pp. 2-4.

Fu, R., Zhang, Y, Guo, Y., Chen, F., (2014). Antioxidant and tyrosinase inhibition activities of the ethanol-insoluble fraction of water extract of *Sapium sebiferum* (L.) Roxb. Leaves. South African Journal of Botany 93, 98–104.

G

GAOUAR, N. (2011). Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes.

Gardès-Albert, M. et Jore, D. (2005). Aspects physicochimiques des radicaux libres centrés sur l'oxygène, In: Radicaux libres et stress oxydant. Paris: Lavoisier. 1-23.

Gardès-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.

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

Giet Lucie, (2016). Le profil nutritionnel de la pomme de terre. La pomme de terre dans tous ses états. Université d'Angers, 77p.

Grote M. et Fromme H-G., (1984). «Electron microscopic investigations of the cell structure in fresh and processed vegetables (carrots and green beanpods)», *Food Microstructure* in, 3 (1): 55- 64.

Guinebert E., Durand P., Prost M., Grinand R. and Bernigault R. (2005). Mesure de la résistance aux radicaux libres. Sixièmes Journées de la Recherche Avicole 2005; 554-558.

H

Hadi, M. (2004). La quercétine et ses dérivés: molécule à caractère pro-oxydant ou capteur de radicaux libres; études et application thérapeutiques. Thèse de doctorat. Université Louis Pasteur (Strasbourg).

Habdous. M, Herbeth. B, Siest. G, Vincent-Viry. M, Visvikis. S. (2004). Polymorphismes des glutathion S-transférase et pathologies humaines: bilan des études épidémiologiques. *Ann Biol Clin*, 62 :15-24.

Hawkes, J. G., (1990). The potato: Evolution, Biodiversity and genetic resources. London. Belhaven Press. 259p.

Hewitt E.J, (1956)-symptoms of molybdenum deficiency in plants soil sci 81, 157-171

Hutchings G.B., (1999). Food color and appearance, Aspen Publishers, Inc., seconde édition.

Hughes D. E. (1983). Titrimetric determination of ascorbic acid with 2,6-dichlorophenol indophenol in commercial liquid diets. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 72(2). 126-129.

I

ITMC, (2012). (Institut Technique Des Cultures Maraichères Et Industrielles). Carte variétales de la culture pomme de terre en Algérie.

J

Jägerstad M-I. et Skog K-I., (2005) «Genotoxicity of heat-processed foods». *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 574 (1-2): 156- 172.

Jean-Marie Pelt, Des Légumes - Petite encyclopédie gourmande, Paris, J'ai lu, 2009 (1 ed. 1993), 156 p. (ISBN 978-2-290-01914-6), p. 32.

Joyeux H., (1994). L'alimentation ou troisième médecine. 5ème édition. Collection Ecologie humaine. Paris, 660p.

Judde, A., (2004). Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique : mécanismes, conséquences, moyens de mesure, quels antioxydants pour quelles applications ? *Oléagineux Corps gras Lipides Journal* 11, 414-418.

K

Khan, M. F., Dogan, S., Maataoui, A., Wesarg, S., Gurung, J., Ackermann, H., et Vogl, T. J. (2006). Navigation-based needle puncture of a cadaver using a hybrid tracking navigational system. *Investigative radiology*, 41(10), 713-720.

Kouassi J. B., CISSE-CAMARA M., SESS D. E., TIAHOU G. G., MONDE A. A. et DJOHAN F. Y., (2013). Détermination des teneurs en fer, en calcium, en cuivre et en zinc de deux variétés de gombo. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, Vol. 82, p. 22–32.

Kruidenier, L. and Verspaget, H.W. (2002). Oxidative stress as a pathogenic factor in inflammatory bowel disease - radicals or ridiculous? *Aliment Pharmacol Ther*, 16: 1997-2015.

Kumaran, A., & Karunakaran, R. J. (2007). In vitro antioxidant activities of methanol extracts of five *Phyllanthus* species from India. *LWT-Food Science and Technology*, 40(2), 344-352.

L

Lamaison, J. L., Carnat, A., & Petitjean-Freytet, C. (1990, January). Tannin content and inhibiting activity of elastase in Rosaceae. In *Annales pharmaceutiques francaises* (Vol. 48, No. 6, pp. 335-340).

Lecerf, J. M. (2018). Drôles de conseils. *Pratiques en Nutrition: santé et alimentation*, 14, 9.

Legrand N et Bimbert A. (2007). Génie des procédés culinaires. Des bases aux applications, Dunod, Paris : 78pp.

Leynaude-Rouaud C., Latour-Raulin A., Cuq J.-L. et Serville Y., (1992). Les légumes et les fruits, Dans *Alimentation et nutrition humaines*, Dupin H., Cuq J.-L., Malewiak M.-I., Leynaud-Rouaud C. et Berthier A.-M., (coordinateurs), ESF, Paris, 965-1026.

Liégeois C., Mestidagh M. et Collin S., (2001). Assessment of the anti-and pro-oxydant activity of specialty malts, *Food Science and Technology*, 4, 75-76.

Liu, R.H., (2004). Potential synergy of phytochemicals in mung bean seedlings : The role of H₂O₂. *Environmental and Experimental Botany* 134, 3479-3485.

Lubec, G. (1996). The hydroxyl radical: from chemistry to human disease. *J Investig Med*, 44: 324-346.

M

Mahgoub H., Eisa G., Youssef M. et Molecular. (2015), biochemical and anatomical analysis of some potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars growing in Egypt. *J. Genet. Eng. Biotechnol*, 13 :39-49.

Manache, C., Scalbert, A., Mourad, C., Remesy, C., Jameney, L., (2004). Polyphenols sources and biovariability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79, 727-747.

Mathew, S., Abraham, T.E., (2006). Studies on the antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts, through various in vitro models. *Food Chemistry* 94, 520–528.

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.

Molyneux P. (2004). The use of stable free radical diphenylpicrilhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. Sci. Technol*, 26 (2):211-219.

Morel, Y., Barouki, R., (1999). Repression of gene expression by oxidative stress. *Biochemistry* 342 (3), 481-496.

Moulton D-G., (1982). Sensory basis and perception of flavours; Part A. Introduction, Morton I-D. et McLeod A-J., (coordinateurs), Elsevier:

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

N

Naczki, M., Shahidi, F., (2006). Phenolics in Cereals, fruits and vegetables: occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharma Centical and Biomedical Analysis* 41, 1523-1542.

P

Parliament T-H. (1989). Thermal generation of aromas: an overview, in *Thermal generation of aromas*, McGorrian R-J and Ho C-T. (Coordinateurs). American Chemical Society.

Patrick Rousselle, Yvon Robert et Jean-Claude Crosnier.(1996). La pomme de terre: Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations, Paris, INRA éditions - ITPT - ITCF, coll. « Mieux comprendre », 607 p.

Podsdek Anna. (2007). Natural antioxydants and antioxydant capacity of Brassica vegetables: A review. *LWT-Food Science and Technology*, 1, p1-11.

Q

Quezel P., Santa .S., (1963). *Nouvelle Flore De L'Algérie Et Des Régions Désertiques. Désertiques.* Ed. Centre nati.Rech.sci. (C.N.R.S), Paris, T. I, 565.

R

Ré R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M. & Rice-Evans C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26 : 1231-1237.

Ré DB, Nafia. I, Nieoullon. A, Kerkerian. L Le Goff, Had-Aissouni. L. (2005). Annales Françaises d'Anesthésie et de réanimation. Stress oxydatif cérébral : les astrocytes sont-ils vulnérables aux faibles concentrations intracellulaires de glutamate ? Implications sur la survie neuronale. Angers, 24 : p502-509.

Ribereau-Gayon, P., (1968). Les composés phénoliques des végétaux. Edition. Dunod, Paris. 153 p.

Rocca-Poliméni R., (2007). Contribution à la compréhension de la cuisson domestique sous pression de vapeur. Etude expérimentale et modélisation des transferts, de l'évolution de la texture des légumes et du fonctionnement d'un autocuiseur. Thèse de doctorat en Sciences, 286p.

Rousselle-Bourgoies F. Rousselle P. (1992). Création et sélection de population diploïdes de pomme de terre (*Solanum Tuberosum* L). Agronomie 12 (1).59-67

Rousselle P, Robert Y, Crosnier J-C. (1996). La pomme de terre – Production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. 1ère éd. Inra Paris.

S

Selmi S.et Toujani N., (2013). Nutrition clinique et métabolisme 27 : S57–S175 / Cahiers de nutrition et de diététique, 48: S57–S175.

Shahidi F. (2004). Functional foods : their role in health promotion and disease prevention. Journal of food science, 69 : 146-149.

Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. American journal of Enology and Viticulture, 16(3), 144-158.

Soares, A. A., de Souza, C. G. M., Daniel, F. M., Ferrari, G. P., da Costa, S. M. G., & Peralta, R. M. (2009). Antioxidant activity and total phenolic content of *Agaricus brasiliensis* (*Agaricus blazei* Murril) in two stages of maturity. Food chemistry, 112(4), 775-781.

Stahl. Ann B. (1984). Plant-food processing: implications for dietary quality. Foraging and Farming, p24.

Sugimura T. (2002). « Food and cancer », Toxicology, 181-182, 17-21.

T

Teow. Choong. C, Truong. Van-Den, Rogen. F.Mc Feeters, Roger. L. Thompson, K.V. Pecota et G. Graing Yencho (2007). Antioxidant activities, phenolic and β -carotene contents of sweet potato genotypes with varying flesh colours. *Food chemistry*, vol 103, issue 3, p829-838.

Thenard, V., Dumont, R., Grosse, M., Trommenschlager, J. M., Fiorelli, J. L., & Roux, M. (2006). Grass steer production system to improve carcass and meat quality. *Livestock Science*, 105(1-3), 185-197.

Tong C-W., Sheen S-A., Fu Y-F. Goedekan D-L. and Land D-B., (1992). Microwave heat transfer in food, Dans *Advances in food engineering*, Singh R. and Wirakartakusumah M., (coordinateurs), CRC Press, 149-150.

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

U

USDA (2008). United States department of agriculture.

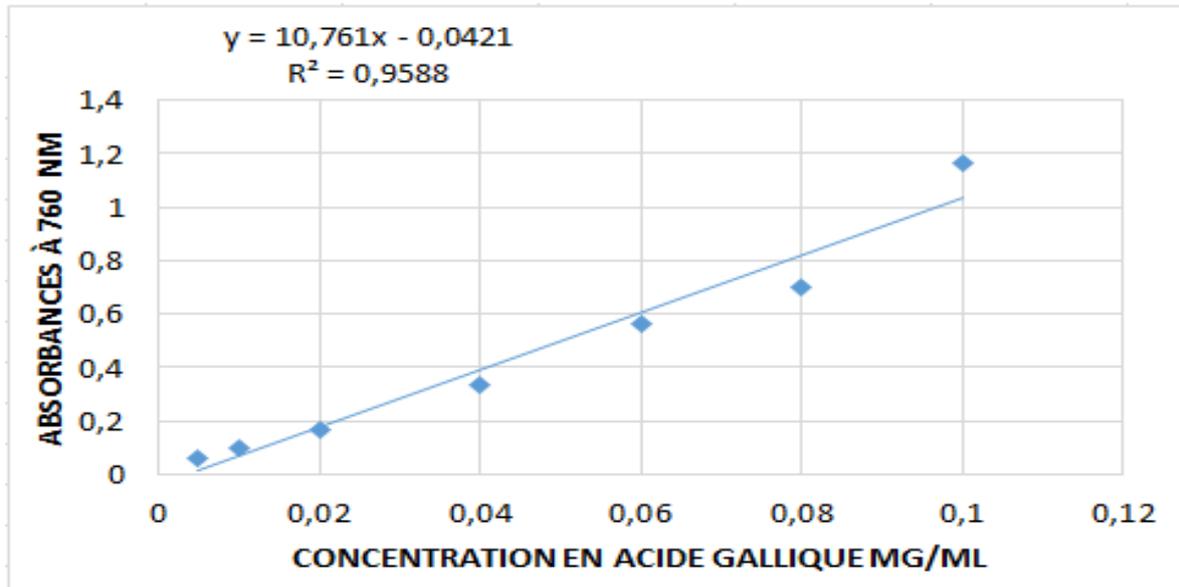
W

Wardman, P. and Candeias, L.P. (1996). Fenton Chemistry: An Introduction. *Radiat Res*, 145: 523-531.

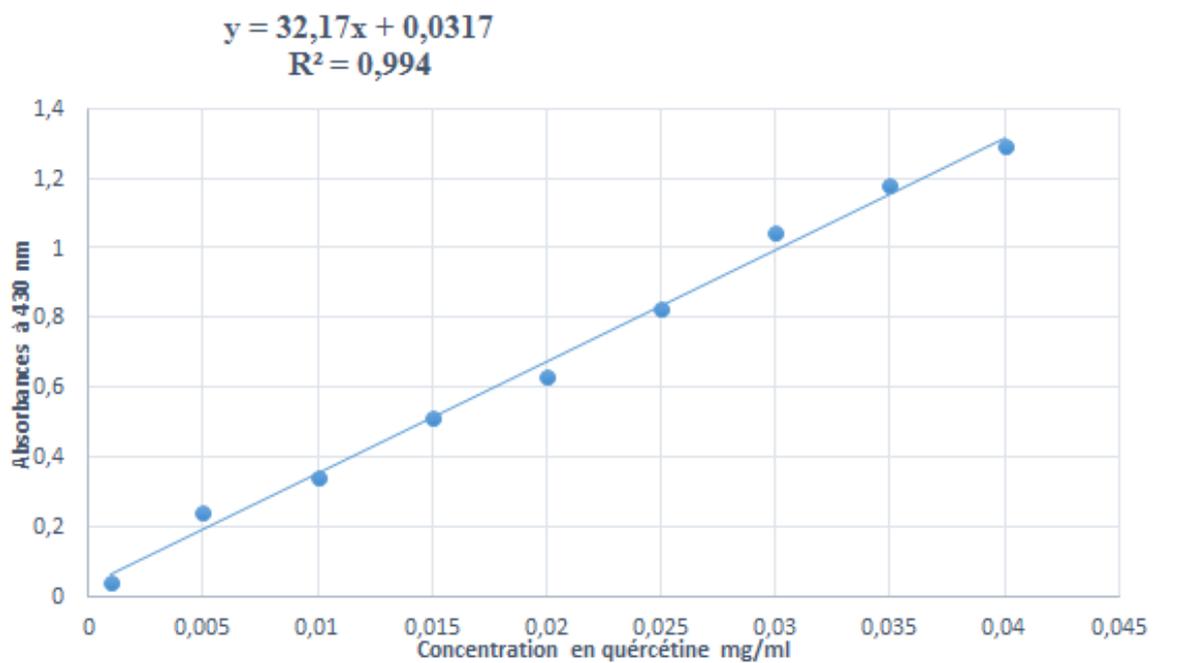
Wichtl M. and Anton R, (2009). *Plantes thérapeutiques tradition, pratique officinale, science et thérapeutique.* Édition lavoisier, Paris : p 38, 41.

Annexes

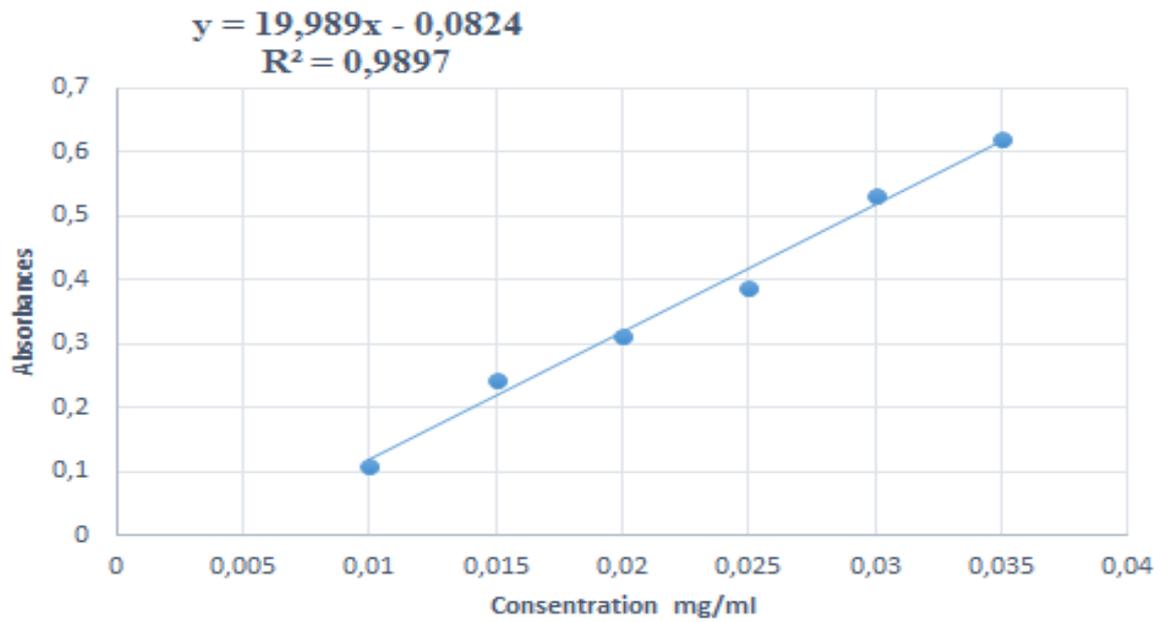
Liste des annexes :



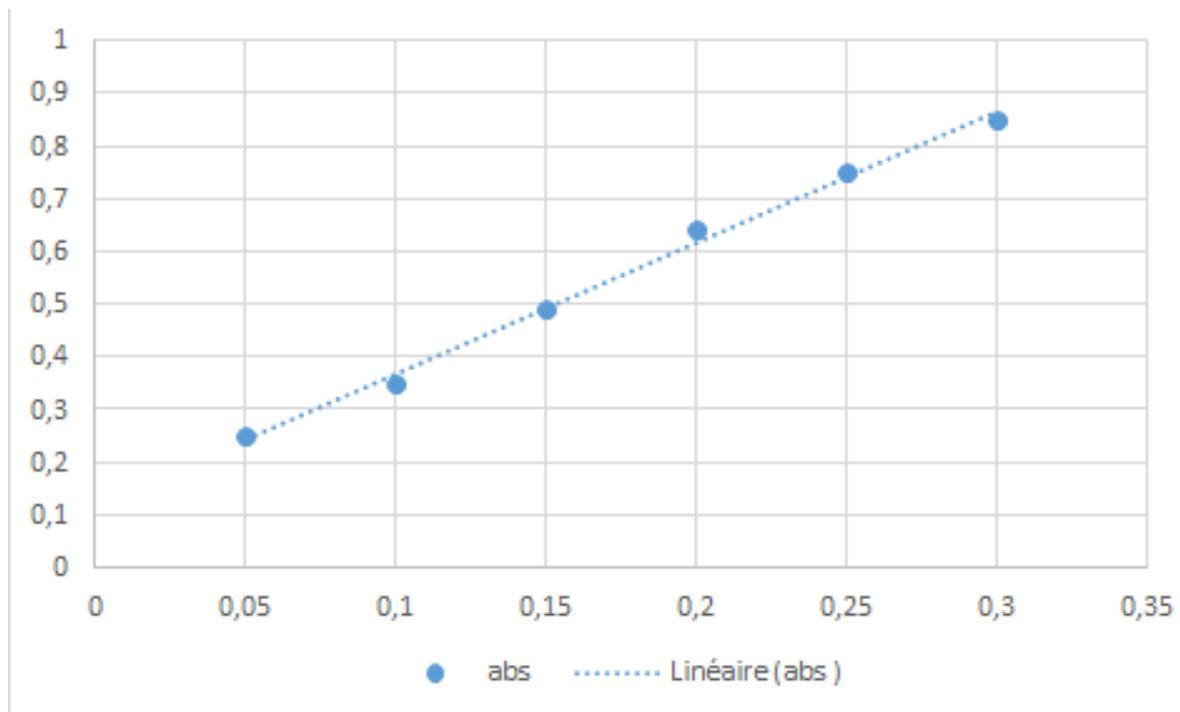
Annexe 1 : Courbe d'étalonnage des polyphénols totaux.



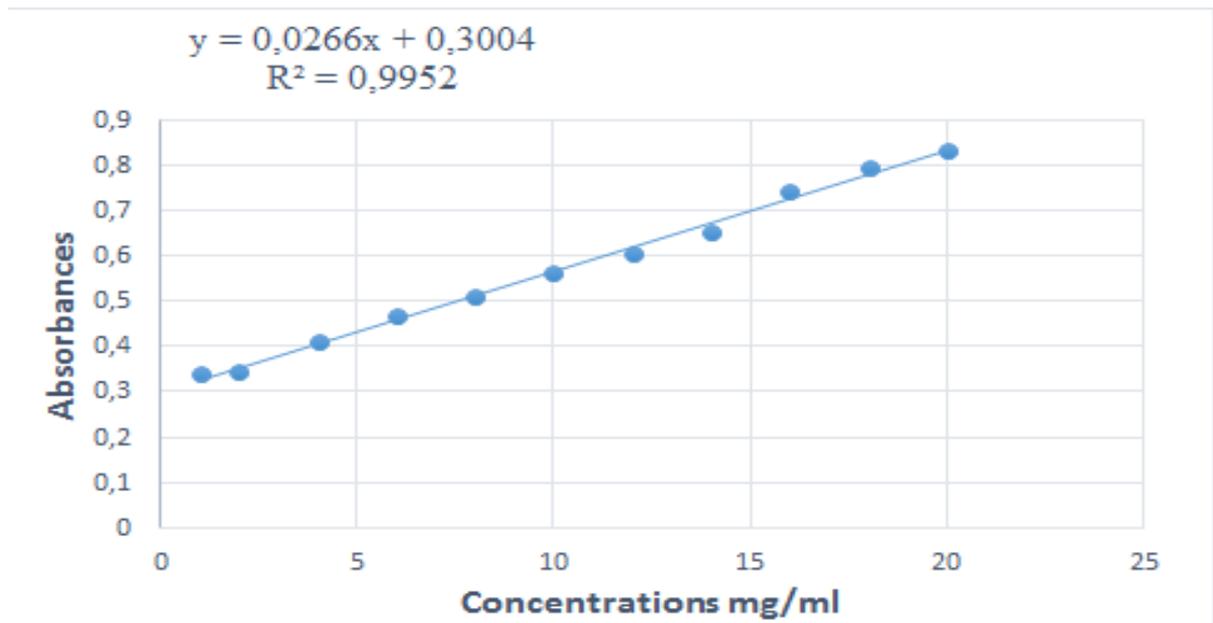
Annexe 2 : Courbe d'étalonnage des flavonoïdes.



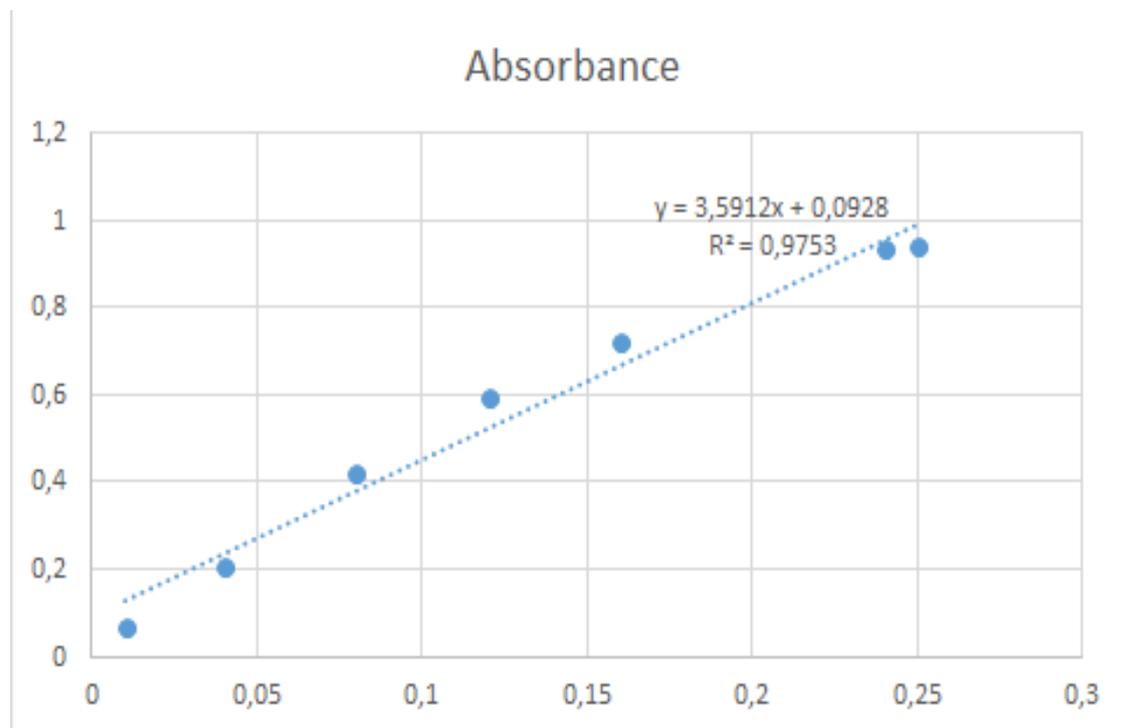
Annexe 3 : Courbe d'étalonnage des flavonols.



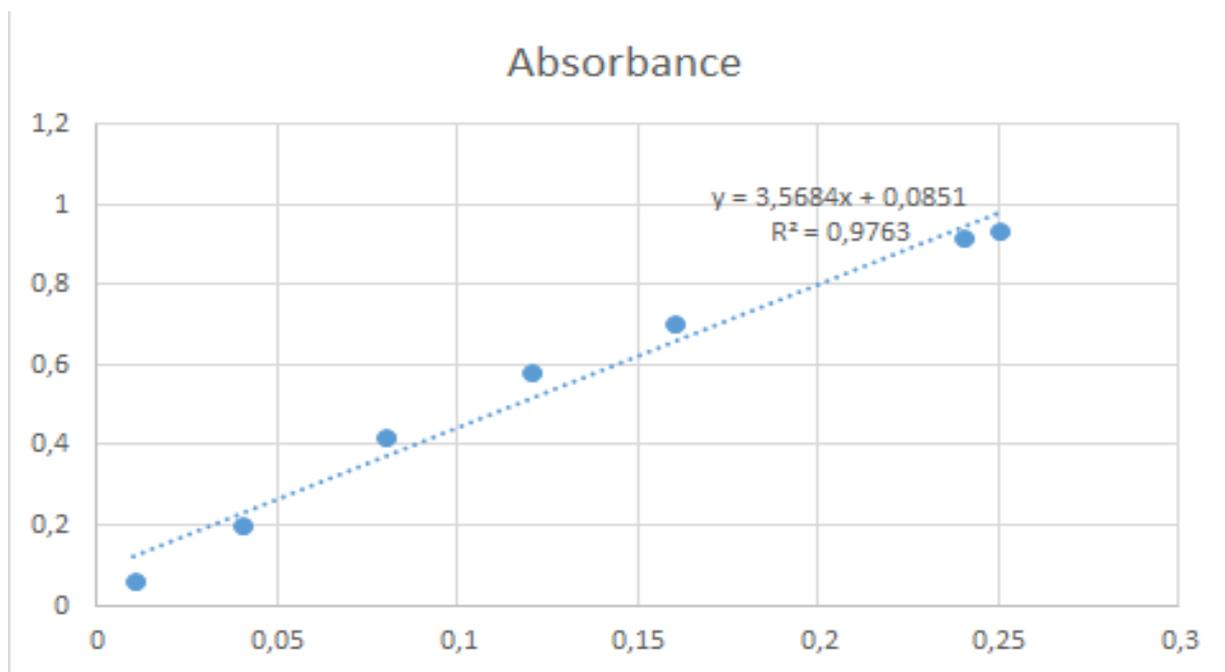
Annexe 4 : Courbe d'étalonnage des sucres totaux.



Annexe 5 : Courbe d'étalonnage des protéines.



*Annexe 6 : Courbe d'étalonnage du phosphomolybdate
N°1.*



Annexe 7 : courbe d'étalonnage du phosphomolybdate

N°2.

	A	B	C	D	E	F	G
1	INFORMATI	NOM	OPERATEUR	HEURE			
2		Analyse 93	DELL	10:18:28			
3	PARAMETRE	Mode Instr	Flamme	Passeur :			
4		Dilution:	Aucune	Utiliser Injection Flux Segmenté:			
5	RESUME TES	ACTION QC	RESULTAT	RESUME QC			
6			Aucune action QC réalisée				
7	RESULTATS	Fe					
8		ID ECHANTI	TYPE RESULT	SIGNAL	CONC.	HEURE	DATE
9				Abs	mg/L		
10		Blanc	Moyenne	0,0007625	0	10:20:48	30/06/2022
11		Etalon 1	Moyenne	0,0465	1	10:21:16	30/06/2022
12		Etalon 2	Moyenne	0,0913553	2	10:21:31	30/06/2022
13		Etalon 3	Moyenne	0,1350283	3	10:21:47	30/06/2022
14		Etalon 4	Moyenne	0,1774061	4	10:22:02	30/06/2022
15		Etalon 5	Moyenne	0,2062149	5	10:22:38	30/06/2022
16		Etalon 6	Moyenne	0,2514638	6	10:22:58	30/06/2022
17		Etalon 7	Moyenne	0,2907917	7	10:23:16	30/06/2022
18		Etalon 8	Moyenne	0,333083	8	10:23:30	30/06/2022
19		Etalon 9	Moyenne	0,3702812	9	10:23:46	30/06/2022
20		Etalon 10	Moyenne	0,4035572	10	10:24:04	30/06/2022
21		Blanc	Moyenne	0,0008766	0	10:24:26	30/06/2022
22		eau	Moyenne	0,057202	1,2024281	10:24:48	30/06/2022
23		four	Moyenne	0,1585277	3,7241824	10:25:21	30/06/2022
24		vapeur	Moyenne	0,1949894	4,6316276	10:25:49	30/06/2022
25		braise	Moyenne	0,2175354	5,1927457	10:26:23	30/06/2022
26		crue	Moyenne	0,0469354	0,9469162	10:27:05	30/06/2022
27		frites	Moyenne	0,1098745	2,5133197	10:27:33	30/06/2022
28		Blanc	Moyenne	0,0004854	0	10:28:00	30/06/2022
29							
30	R2=0,9986						
31	y=0,04018x+0,0088						

Annexe 8 : Résultats de la SAA du Fe.

	A	B	C	D	E	F	G
2		Analyse 96	DELL	11:15:56			
3	PARAMETRE	Mode Instr	Flamme	Passeur :			
4		Dilution:	Aucune	Utiliser Injection Flux Segmenté:			
5	RESUME TES	ACTION QC	RESULTAT	RESUME QC			
6		Utilisateur	solutions 4 of 20				
7		Hors/En de	solutions 1 of 20				
8	RESULTATS	Zn					
9		ID ECHANTI	TYPE RESUL	SIGNAL	CONC.	HEURE	DATE
10				Abs	mg/L		
11		Blanc	Moyenne	0,0242063	0	11:17:10	30/06/2022
12		Etalon 1	Moyenne	0,0505208	0,2	11:17:28	30/06/2022
13		Etalon 2	Moyenne	0,0962149	0,4	11:17:47	30/06/2022
14		Etalon 3	Moyenne	0,1351875	0,6	11:18:04	30/06/2022
15		Etalon 4	Moyenne	0,194366	0,8	11:18:17	30/06/2022
16		Etalon 5	Moyenne	0,6426771	1	11:18:32	30/06/2022
17		Etalon 6	Moyenne	0,7327107	1,2000001	11:18:48	30/06/2022
18		Etalon 7	Moyenne	0,7746979	1,4	11:19:02	30/06/2022
19		Etalon 8	Moyenne	0,3152375	1,6	11:19:15	30/06/2022
20		Etalon 9	Moyenne	0,3586808	1,8	11:19:32	30/06/2022
21		Etalon 10	Moyenne	0,3856688	2	11:19:47	30/06/2022
22		Blanc	Moyenne	0,0246776	0	11:20:07	30/06/2022
23		eau	Moyenne	0,1783354	0,8494331	11:20:54	30/06/2022
24		four	Moyenne	0,3680213	1,8774502	11:21:18	30/06/2022
25		vapeur	Moyenne	0,2441204	1,2059599	11:21:43	30/06/2022
26		braise	Moyenne	0,3776776	1,9297831	11:22:11	30/06/2022
27		crue	Moyenne	0,3421659	1,7373252	11:22:32	30/06/2022
28		frites	Moyenne	0,3715333	1,896484	11:22:56	30/06/2022
29		ech 1	Moyenne	0,4010979	2,0567112	11:23:26	30/06/2022
30		Blanc	Moyenne	0,0234255	0	11:23:43	30/06/2022
31							
32							
33		R2=0,9991					
34		y=0,18452x+0,0211					
35							

Annexe 9 : Résultats de la SAA du Zn.

Résumé : Cette étude a pour objectif l'évaluation de l'effet de différents modes de cuisson sur l'activité antioxydante et les substances bioactives de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*). Des analyses physico-chimiques (test d'humidité, teneur en cendres, teneurs en fer et en zinc, et teneur en sucres totaux) et phytochimiques (polyphénols totaux et flavonoïdes) ont été réalisées pour chaque échantillon. L'activité antioxydante a été évaluée par deux tests, le pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium et le test scavenger au radical DPPH^{*}. Les résultats obtenus montrent que la teneur en eau s'échelonne entre $53 \pm 1,1$ et $84,7 \pm 6,3$ %, et celle des cendres varie de 0,93 et 1,81%. Les résultats de la SAA indiquent que c'est la pomme de terre cuite à la braise qui présente les teneurs les plus élevées en fer (0,09 mg/g MF) et en zinc (0,03mg/g MF). La teneur la plus importante en sucres totaux a été enregistrée pour la pomme de terre cuite à la vapeur ($0,09 \pm 0.001$ g ED-G/g MF). Tandis que la teneur la plus élevée en polyphénols totaux a été trouvée pour la pomme de terre crue ($0,57 \pm 0.1$ mg EAG/g MF), alors que pour les flavonoïdes c'est la pomme de terre cuite à la braise ($0,58 \pm 0.02$ mg EQ/g MF) qui présente la valeur la plus élevée. Les résultats obtenus montrent également que c'est l'extrait de pomme de terre cuite à la braise qui présente le pouvoir réducteur le plus élevé, alors que pour le test scavenger au radical DPPH^{*}, c'est l'extrait de pommes de terre cuite au four qui présente le pouvoir antioxydant le plus élevé.

Mots clés : Pomme de terre ; Flavonoïdes ; Mode de cuisson ; Composés phénoliques ; Activité antioxydante.

Abstract: This study aims to evaluate the effect of different cooking methods on the antioxidant activity and bioactive substances of potato (*Solanum tuberosum*). Physico-chemical (moisture test, ash content, iron and zinc content, and total sugar content) and phytochemical (total polyphenols and flavonoids) analyzes were carried out for each sample. The antioxidant activity was evaluated by two tests, the reducing power with ammonium phosphomolybdate and the DPPH^{*} radical scavenger test. The results obtained show that the water content ranges between $53 \pm 1,1$ and $84,7 \pm 6.3\%$, and that of the ashes varies from 0,93 and 1,81%. The SAA results indicate that the braised potato has the highest levels of iron (0,09 mg/g FM) and zinc (0,03 mg/g FM). The highest total sugar content was recorded for steamed potato ($0,09 \pm 0,001$ g ED-G/g FM). While the highest content of total polyphenols was found for raw potato ($0,57 \pm 0,1$ mg EAG/g FM), while for flavonoids it was braised potato ($0,58 \pm 0,02$ mg EQ/g MF) which has the highest value. The results obtained also show that it is the braised potato extract that has the highest reducing power, while for the DPPH^{*} radical scavenger test, it is the extract of baked potatoes that has the highest antioxidant power.

Keywords: Potato; Flavonoids; Cooking method; Phenolic compounds; Antioxidant activity.