

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

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

**Etude de l'effet de la congélation et du mode
de cuisson sur l'activité biologique
de quelques légumes**

Présenté par :

CHENNA Ouahiba & MEZIANI Yamina

Soutenu le : **25 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

M. BERKATI S.

M^r. F. BOUKHALFA

M^{elle}. MEKHOUKHE A.

MAA

MCB

MAA

Présidente

Encadreur

Examinatrice

Année universitaire : 2017 / 2018.

Remerciements

*Nous tenons à remercier en premier lieu DIEU, le tout Puissant de nous
avoir
donné courage, santé et patience pour achever ce travail.*

*Nous aimerons exprimer d'abord nos profonds remerciements à notre
promoteur Mr **BOUKHALFA**. pour avoir accepté de nous encadrer,
pour ses orientations et ses conseils qu'il nous a prodigué tout au long
de ce travail .Qu'il trouve ici nos sentiments de gratitude et de profonde
reconnaissance.*

*Nos remerciements s'adressent également à Mme **BERKATI**. d'avoir
accepté de présider de jury
et Melle **MEKHOUKHE**. d'avoir accepté d'examiner ce travail.*

À tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à réaliser ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail à ma maman chérie qui a toujours été à mes côtés et aussi à mon papa adoré. Merci pour votre soutien et votre amour, c'est grâce à vous que nous sommes les personnes qu'on est devenu.

A ma sœur adorée que j'aime beaucoup Nawel qui n'a jamais cessé d'être à mes côtés, de m'apporter son soutien et de supporter toute mes crises.

A mes deux anges de frères : Fayçal et Foued que j'aime énormément et qui sont toujours là pour moi.

A ma jumelle d'âme la plus douce gentille et aimable des meilleures amies, Lilia et à toute sa famille en particulier tata Fatiha et Amo Rachid.

A Belaid qui me soutient et m'encourage dans tout ce que j'entreprends, à ces précieux conseils et au réconfort qu'il m'apporte

A ma binôme Yamina qui a été parfaite et que j'adore et à toute sa famille.

A tous mes amis et camarades de la promotion 2018.

Ouahiba

Dédicaces

Avec l'aide de Dieu le tout puissant, j'ai pu achever ce modeste travail que je dédie :

A mes parents, aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consenti pour mon instruction et mon bien être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.

A ma sœur, en témoignage d'un profond amour et d'une grande reconnaissance pour tous les sacrifices qu'elle consentit pour mon bonheur. NANNA, t'est l'être la plus chère à mon cœur. Aujourd'hui plus que jamais, j'apprécie la valeur de tes efforts, la justesse de ton éducation et le caractère précieux de tes conseils.

A mes très chers frères (Zizi Hamid, Zizi Smail, Hakim et Fouad) et belles sœurs (Naima, Zina et Fariza).

A ma nièce et mes neveux: Yasmine, Nounou, Ghilas et Mazigh.

A mon très cher fiancé Nassim en signe d'amour et de gratitude pour m'avoir supporté, soutenu et surtout compris en permanence, pour ces sacrifices, ces encouragements, sa fidélité et sa gentillesse.

A ma belle famille pour leurs gentillesse et leurs soutiens.

A mes amies Bila, Souad, Souhila, Wissam, Djoudjou, Siham et Salma, merci pour tous ces moments que nous avons passé ensemble, pour nos éclats de rire et notre complicité. Je profite de cette occasion pour vous dire que je vous aime beaucoup et j'espère que vous trouverez vos bonheurs dans les années à venir.

A ma chère binôme, Biba et sa famille.

Je dédie ce mémoire à toute la promotion science alimentaire 2017/2018.

Mina.

Liste des abréviations

ADN: acide désoxyribonucléique.

FAO: Food Agriculture Organization.

DSA : Direction des Services Agricoles.

Ha : Hectares.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

DNS: Acide dinitrosalicyclique.

BSA: Bovine Serum Albumin.

DCPIP: Dichloro-phénol-indophénol.

DPPH: 1, 1 Diphényl 2 Pycril Hydrazil.

PI: Pourcentage d'Inhibition.

µg E.A.C: microgramme d'équivalent d'Acide Citrique.

g E.BSA : Gramme d'équivalent de BSA.

Eq.g.G : Gramme équivalent de Glucose.

MF : Matière Fraiche.

mgEAG : milligramme d'équivalent d'Acide Gallique.

mg EQ : milligramme d'équivalent de Quercetine.

EAA : Equivalent d'Acide Ascorbique.

IC₅₀ : Concentration Inhibitrice 50.

VAP : Vapeur .

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
Tableau I	La composition moyenne da la carotte.	Annexe I
Tableau II	la composition moyenne de la pomme de terre.	Annexe I
Tableau III	La composition chimique de l'haricot vert.	Annexe I
Tableau IV	Paramètres physico-chimiques des trois légumes.	17
Tableau V	Les coefficients de corrélation entre l'activité inhibitrice (IC ₅₀) des légumes congelés et leurs antioxydants.	35
Tableau VI	Les coefficients de corrélation entre le pouvoir réducteur des légumes congelés et leurs antioxydants.	37
Tableau VII	Les coefficients de corrélation entre le l'activité réductrice des légumes après cuisson et leur teneur en composés phénoliques.	42

Liste des figures

Figures	Titre	Page
Figure 01	Photographie de la carotte.	03
Figure 02	Photographie de la pomme de terre.	04
Figure 03	Photographie du fruit d'haricot vert	05
Figure 04	photographie des légumes étudiés	09
Figure 05	Teneur en composés phénoliques des légumes étudiés	21
Figure 06	Teneur en flavonoïdes des légumes étudiés	22
Figure 07	Teneur en anthocyanines des légumes étudiés	23
Figure 08	Teneur en caroténoïdes des légumes étudiés	24
Figure 09	Teneur en acide ascorbique des légumes	25
Figure 10	Activité antiradicalaire des légumes crus.	26
Figure 11	Pouvoir réducteur des légumes crus	27
Figure 12	Résultats du PH observé des légumes après congélation	28
Figure 13	Teneur en polyphénols totaux des légumes après congélation.	29
Figure 14	Teneurs en Flavonoïdes des légumes après congélation	31
Figure 15	Teneur en caroténoïdes des légumes congelés	32
Figure 16	Teneur en vitamine C des légumes après congélation.	33
Figure 17	Résultats des IC ₅₀ des échantillons après congélation	34
Figure 18	Pouvoir réducteur des légumes congelés	36
Figure 19	Résultats du PH observé des légumes après cuisson	37
Figure 20	Résultats observés de l'acidité des légumes après cuisson	38
Figure 21	Teneur en polyphénols totaux des légumes après cuisson	40
Figure 22	Résultats des IC ₅₀ des échantillons après cuisson	41

Sommaire

List des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....01

Synthèse bibliographique

1- Généralité sur la Carotte.....03

1-1 - Composition biochimique et valeur nutritionnelle.....03

1-2- Production mondial et nationale de la carotte.....03

2- Généralités sur la Pomme de terre.....04

2-1- Composition biochimique et valeur nutritionnelle04

2-2- Production mondiale et nationale de la pomme de terre05

3-Généralités sur l’haricot vert05

3-1- Composition biochimique et valeur nutritionnelle.....05

3-2-Production mondiale et nationale de l’haricot vert.....06

4- Conservation par le froid des légumes.....06

4-1-Congélation06

4-1.1-Surgélation06

4.2 Impact de la conservation par le froid sur les aliments06

5- Cuisson des aliments.....07

5-1-Impacts de la cuisson sur la composition antioxydante..... 07

5 -1-1- Effet sur les composés phénoliques totaux.....07

5-1-2- Effet sur les flavonoïdes.....	08
5-1-3- Effet sur les caroténoïdes.....	08
5-1-4- Effet sur la vitamine C.....	08

Partie expérimentale

I-Matériel et méthodes

1-Matériel végétal	09
2-caractérisation physico-chimique des légumes étudiés.....	09
2.1 Test d'humidité	09
2.2 Potentiel d'hydrogène (pH	10
2.3 Acidité titrable	10
2.4 Cendres totaux.....	10
2.5 Teneur en sucres totaux.....	11
2.6 Teneur en sucres réducteurs	11
2.7 Teneur en protéine.....	12
3- Extraction et dosage des antioxydants	12
3.1 Dosage des polyphénols	12
3.2. Dosage des flavonoïdes	12
3.3. Dosage des anthocyanines.....	13
3.4. Dosage des caroténoïdes	13
3.5. Dosage de l'acide ascorbique (vitamine C)	14
4 - Détermination de l'activité anti-oxydante et anti- radicalaire.....	14

4-1- Neutralisation des radicaux libres.....	14
4-1-1- Inhibition du radicale DPPH.....	14
4-2-L'activité réductrice	14
4-2.1 Réduction du chlorure ferrique.....	15
5- Etude statistique	15
<i>II- Résultat et discussion.</i>	
II-1 Caractéristiques physico-chimiques des légumes crus.....	16
II-1.1 Humidités	16
II-1.2 Acidité	17
II-1.3 Potentiel d'hydrogène (pH).....	17
II-1.4 Cendres	18
II-1.5 Protéines	18
II-1.6 Sucres totaux.....	19
II-1-7 Sucres réducteurs	19
II-2 Dosage des antioxydants.....	19
II-2.1 Composés phénoliques.....	19
II-2-2 Flavonoïdes.....	21
II-2.3 Anthocyanines.....	22
II-2.4 Caroténoïdes.....	23
II-2.5 Acide ascorbique.....	24
II-3 Activité antioxydant et réductrice	25
II-3.1 Neutralisation du radical DPPH*	25
II-3-2 Réductions du chlorure ferrique	26
II-4 Effet de la congélation sur la composition des légumes étudiés.....	27

II-4.1 Potentiel d'hydrogène (pH)	27
II-4.2 Dosage des antioxydants	28
II-4.2.1 Polyphénols totaux.....	28
II-4.2.2 Flavonoïdes	29
II-4.2 Caroténoïdes	31
II-4-2-4 Vitamine C	32
II-4-3 Évaluation du pouvoir antioxydants et anti radicalaire.....	33
II-4-3-1 Neutralisation du radical DPPH*	33
II-4.3.2 Pouvoir réducteur	34
II-5 Effet de la cuisson sur la composition des légumes étudiés.....	36
II-5.1 Potentiel d'hydrogène (pH).....	36
II-5.2 Acidité	37
II-5.4 Dosage des antioxydants.....	38
II-5.4.1 Polyphénols totaux	38
II-4.5 Activité antioxydant et anti radicalaire.....	40
II-5.5.1 Neutralisation du radical DPPH.....	40
Conclusion	43
Références bibliographiques	
Annexes	

Introduction

L'oxygène indispensable à notre vie est capable de produire des radicaux libres en grande quantité dans notre organisme qui induisent des modifications oxydatives au niveau des lipides, l'ADN et les protéines. Pour se protéger contre cet oxygène toxique, l'organisme dispose d'un réseau très complexe composé d'enzymes et de molécules anti oxydantes d'origine exogènes tel que les vitamines, les caroténoïdes, et les composés phénoliques **(Pincemail et al., 2007)**. Cet effet protecteur est due à la capacité des ces antioxydants a piégé les radicaux libres produits dans le corps humain **(Sun et al., 2009)**.

En raison d'une quantité impressionnante de des données provenant de recherches épidémiologiques, cliniques et de laboratoire ; l'importance d'une alimentation équilibrée est largement reconnue **(Benyaich, 2017)**. Les fruits et légumes constituent une excellente source d'antioxydants **(Pincemail et al., 2007)**. A cet effet, plusieurs études ont démontré qu'une alimentation riche en fruits et légumes est associée à un risque réduit de plusieurs maladies chroniques comme les maladies cardiovasculaires, cancers, vieillissement, les maladies neuro-dégénératives, et inflammatoire **(Al-Farsi et Lee, 2008)**.

Les fruits et légumes sont des produits rapidement périssables, leur conservation implique généralement des techniques qui empêchent la croissance microbienne et retardent les réactions de dégradation, permettant ainsi de garder « plus frais » ces produits et également à faciliter leur transport et leur distribution et consommation hors saison **(Astier-Dumas, 1986)**.

La conservation par le froid est l'une des méthodes privilégiées pour accroître la durée de conservation des produits alimentaires. Elle repose sur la transformation de l'eau liquide en glace provoquant ainsi une diminution de l'activité de l'eau du produit **(Tremeac, 2004)**.

Plusieurs légumes, parmi lesquels figurent la pomme de terre et l'haricot vert, ne sont consommés crus, et doivent subir un traitement thermique afin de les rendre consommable. La cuisson des légumes permet d'obtenir des produits alimentaires avec des propriétés organoleptiques appréciables par les consommateurs. Elle élimine la majorité des germes d'altération, mais une mauvaise conduite de cette opération peut affecter la valeur nutritionnelle et bioactive de la denrée alimentaire.

De ce principe s'inscrit l'objectif de la présente étude qui vise à étudier l'effet de la congélation à différentes températures, et également l'impact du mode de cuisson (à la vapeur et par émersion) sur la composition et l'activité antioxydante de trois légumes consommés en Algérie à savoir la carotte, la pomme de terre et l'haricot vert. Pour atteindre ces objectifs, le manuscrit est devisé en deux parties :

La première partie est une étude bibliographique, évoquant des généralités sur les légumes étudiés (statistiques de production, la classification et leurs compositions), les différents traitements appliqués (congélation et cuisson) et leurs impacts, suivis de quelques généralités sur l'activité antioxydante.

La deuxième partie décrit l'échantillonnage, le matériel et les méthodes utilisés pour la détermination des paramètres physico-chimiques suivis de l'extraction, de dosage des antioxydants, et l'évaluation de l'activité antioxydante des légumes à l'état frais, congelée, et cuit. La troisième partie de ce travail expose les résultats obtenus et la discussion, suivis d'une conclusion générale avec des perspectives.

Synthèse bibliographique

1. Généralités sur la carotte

La carotte ou *Daucus carota* est une plante appartenant à la famille des Apiacées (Apiaceae) anciennement appelée famille des Ombellifères. Les variétés de la carotte sont classées principalement suivant la forme et la couleur de la racine. Elle fait partie des dix cultures légumières les plus importantes dans le monde.

La partie comestible de la carotte est la racine pivotantes développées en organes de réserves, charnues, cassantes, pigmentées (rarement blanche), présentant une partie centrale (xylème) et une partie extérieure charnue (phloème). (Lecomte, 2013)



Figure 01 : Photographie de la carotte.

<https://mangermediterranéen.com>

1.2 Composition biochimique et valeur nutritionnelle

La carotte est un légume à racine d'apport énergétique modéré (30 KCalories pour 100 g), sa teneur en eau est de 88%. Elle constitue une importante source en sucres (environ 6.4 % du poids frais) et en vitamines notamment la vitamine C (4mg /100g). (Favier *et al.*, 1995) (Annexe I).

Elle représente aussi une source importante de composés antioxydants tel que les polyphénols qui sont les plus influents sur la perception de la saveur, elle se distingue par une teneur élevée en β - carotène et en anthocyanines qui contribuent à la couleur orange (Sun *et al.*, 2009).

1.3 Production mondiale et nationale de la carotte

La carotte fait partie des dix cultures légumières les plus importantes dans le monde, en termes de surface de production et de valeur marchande. La carotte, par sa valeur nutritionnelle, ses modes de consommation simples et variés, ainsi que par son prix modéré, est le légume racine le plus consommé dans le monde (FAOSTAT 2018). La production

mondiale de la carotte est en augmentation progressive, de 33million de tonnes en 2009 jusqu' à 37.8 million de tonnes en 2013.

En Algérie, la production est estimée à 396 119 tonnes en 2013 avec des augmentations progressives depuis 1990 où la production été estimée à 100milles tonnes. La majorité de la production est localisée dans la wilaya de M'sila (46000 tonnes) suivi par Oum el Bouagui, Boumerdés, Ain Defla, Tipaza, Jijel, Bejaia et Biskra.

Selon la chambre agricole de Bejaia, la production a atteint plus de 1340 quintaux sur une superficie de 12 Ha dans la wilaya de Bejaia durant la compagne 2016-2017(DSA 2018).

2. Généralités sur la pomme de terre

la pomme de terre est une plante dicotylédone annuelle de la famille des solanacées dont le nom latin *Solanum tuberosum* (Kleinkopf *et al.*, 1981). Elle occupe une place très importante dans l'alimentation humaine, et évaluée comme la quatrième culture vivrière au monde après le blé, le maïs et le riz, grâce à son potentiel de rendement important (20 à 30 t/ha) et la quantité produite chaque année dans le monde entier (FAO, 2018). Elle est un aliment de base, une source qui a tant lutter contre la famine et la pauvreté de certaines populations mondiales, l'Organisation des Nations Unies à déclarer l'année 2008 « Année internationale de la pomme de terre ».



Figure 02 : Photographie de la pomme de terre.

www.geiser-agro.com

2.1 Composition biochimique et valeur nutritionnelle

La valeur énergétique de la pomme de terre est traduite par sa richesse en glucides. Ces tubercules ont la plus haute teneur en protéines de toute la famille des racines (Lutaladio et Prakash, 2010) , elle constitue un mélange varié d'antioxydants, comprenant la vitamine C, les caroténoïdes et les polyphénols, contribuant à l'activité antioxydante globale. La concentration en caroténoïdes des tubercules de pomme de terre est liée à la couleur de la chair. Les pommes de terre à la chair violette possèdent des concentrations élevées en caroténoïdes totaux (Bonierbale *et al.*, 2010). (Annexe I)

2.2 Production mondiale et nationale de la pomme de terre

Selon la **FAO**, la Chine est le premier producteur mondial de pommes de terre, et quasiment un tiers de tous les tubercules sont désormais récoltés en Chine et en Inde. La quantité de pomme de terre produite dans le monde entier chaque année est très importante, elle est estimée aux environs 381 millions de tonnes, pour une superficie de 19 millions Ha.

En Algérie, après que fut introduite au milieu du XIX^{ème} siècle, l'essentiel de la production de la pomme de terre était expédié en France. En 1962, lorsque le pays acquit son indépendance, il produisait 250 000 tonnes par an et en exportait environ le tiers. Due aux habitudes alimentaires, la production de la pomme de terre a connue une progression constante et elle a atteint une quantité de 4.6 million de tonnes en 2014 dont la wilaya d'El Oued représente la première région productrice de ce légume avec 24% de la quantité produite au niveau national (**DSA; FAO 2018**).

3. Généralité sur l'haricot vert

L'haricot vert, connu sous l'appellation scientifique *Phaseolus vulgaris L.* est une légumineuse largement cultivée et consommée dans le monde, appartient à la famille des Fabaceae ou Papilionaceae qui renferme environ 50 espèces, (**LATATI, 2012**).



Figure 03: fruit d'haricot vert

www.pharmavie.fr/haricots-verts-bienfaits-sante.html

3.1 Composition biochimique et valeur nutritionnelle

Les haricots verts sont principalement composés d'eau, ils sont relativement riches en protéines, vitamines, fibres et en sels minéraux (**Broughton et al., 2003**), qui sont présentés dans le Tableau III. (**Annexe I**)

3.2. Production mondiale et nationale de l'haricot vert

La production mondiale de l'haricot vert est de 20 737 millions kilos avec une superficie totale de 1,53 millions d'hectares, (FAOSTAT). Sur cette production mondiale, la Chine est en tête de liste avec un volume total de 16 200 millions de kilos produite sur une superficie de 625 000 hectares, suivie par l'Indonésie qui a produit 871,17 millions de kilos sur une superficie de 126 400 hectares et l'Inde avec 620 millions de kilos et 220 000 hectares .

En Algérie, la production varie indépendamment de 255 milles quintaux à 450 milles quintaux. Cette variation est accompagnée par des fluctuations imprévisibles des rendements (FAOSTAT). La wilaya de Bejaia a participé avec une quantité de 358 quintaux sur une superficie de 10.44ha durant la période 2016-2017 (DSA 2018).

4. Conservation par le froid des légumes

4.1 Congélation

La congélation est un procédé de conservation qui consiste à abaisser la température du produit et à la maintenir en dessous de la température de formation des premiers cristaux de glace (Ben Ammar, 2011). C'est la technique la plus utilisée pour la conservation des légumes crus qui sont périssables et saisonniers, elle ralentit la vitesse de détérioration de la matrice végétale à basse température de stockage (-18°C) et elle maintient les caractéristiques de nutriments et d'antioxydants sur une période prolongée (Mazzeo *et al.*, 2015).

4.1.1 Surgélation

La surgélation est une congélation rapide à des températures basses. L'avantage des produits surgelés est leur longue durée de vie et donc la possibilité de les stocker sur des périodes étendues (Parra *et al.*, 2018). Elle cristallise l'eau à l'aide de températures très basses (au-dessous de -30°C) et stabilise ensuite à -18°C. Bien que lors de la décongélation, les produits surgelés se comportent mieux lorsque celle-ci est réalisée lentement : ils conservent ainsi leur aspect, leurs couleurs, leurs saveurs et tous leurs éléments nutritionnels. (Parra *et al.*, 2018).

4.2 Impact de la conservation par le froid sur les aliments

Durant l'application du froid, une série de changements dans les aliments peut se produire, y compris la modification de la texture des aliments et des ingrédients nutritionnels :

- La vitesse de congélation a une influence significative sur la taille et la distribution des cristaux de glace formés, à des taux élevés la formation des cristaux de glace intracellulaires, tandis qu'à de faibles taux, l'eau intracellulaires migre vers l'espace extracellulaire pour former des cristaux qui conduiraient à la déshydratation des tissus de la cellule (**Li et al., 2018**).
- Des études sur des cellules de fruit ont montrés que les cellules observées après congélation rapide étaient encore rondes et similaires à cellules de tissus frais, tandis que la congélation lente a entraîné une diminution de l'uniformité de la cellule.
- L'altération de la pression osmotique engendre la déshydratation cellulaire et le rétrécissement de certaines compositions, telles que la protéine et la pectine. , la concentration croissante de solution de cytoplasme influence les propriétés biophysiques des compositions de paroi cellulaire, induit à des altérations dans la structure et la fonction de la membrane cellulaire, conduit à une dénaturation réversible ou irréversible des protéines dans la cellule (**Li et al., 2018**).

5. Cuisson des légumes

La cuisson est une opération qui consiste à chauffer un aliment pendant un certain temps et dans un environnement bien défini (**Bimbenet et al., 2002**).d'après (**Turkmen et al., 2005**), c'est une étape essentielle dans la préparation des aliments. Elle permet de consommer certains produits indigestes et de mauvaise qualité gustative, mais elle améliore aussi la qualité bactériologique. Elle est accompagnée d'une dégradation de l'aliment et s'accompagne d'une perte en minéraux.

5.1. Impacts de la cuisson sur la composition antioxydante

5.1.1. Effet sur les composés phénoliques totaux

L'exposition des fruits et légumes à de fortes températures provoquent une diminution de la teneur en polyphénols totaux(**Ngoh Newilah, 2005**) d'autre part l'effet positif du blanchiment sur les composés phénoliques de plusieurs légumes a été confirmé, ceci peut être dû à l'inactivation des enzymes responsables de l'oxydation des polyphénols. (**Mazzeo et al., 2011**)

5.1.2. Effet sur les flavonoïdes

Les données relative a l'effet de traitement thermique sur les flavonoïdes restent controversées entre celles qui ont rapporté l'absence d'une différence significative et d'autre qui montrent des pertes variables (**Terry, 2011**).

Au cours de la cuisson, les pertes en flavonoïdes dépendent de leur nature chimique. Selon (**Olivera et al. (2008)**) , l'augmentation de la teneur en flavonoïdes dans les extraits du chou de Bruxelles après blanchiment est liée à la perte de l'intégrité des tissus, des cellules, des membranes et des organites après traitement thermique. L'augmentation de la teneur en composés phénoliques a été constatée par plusieurs études (**Olivera et al. (2008)**).

5.1.3. Effet sur les caroténoïdes

Les traitements thermiques peuvent altérer la composition et la bio activité des pigments des légumes et provoquent ainsi leur isomérisation et oxydation. Ces changements dépendent du type de traitement thermique appliqué et de son intensité. Au cours du la cuisson, les complexes carotène-protéiques qui sont plus stables que les caroténoïdes libres, sont détruits et les caroténoïdes sont libérés et rendus plus exposés à la dégradation. (**Cervantes-Paz et al., 2014**).

5.1.4. Effet sur la vitamine C

La vitamine C est naturellement très sensible à l'oxydation de part sa structure, se dégrade fortement au cours des traitements thermiques. D'après (**Das et al., 2011**) Plusieurs études ont rapporté une dégradation de la vitamine C après traitement thermique. Selon la température, la durée de traitement, la luminosité, le pH et la teneur en oxygène, l'oxydation de cette vitamine sera plus ou moins rapide. La dégradation se poursuit lors du stockage, ceci est le résultat des réactions initiées lors des traitements thermiques (**Dewanto et al., 2002**).

Partie expérimentale

Matériels et méthodes

1- Matériel végétal

La présente étude est réalisée sur trois légumes, très utilisés dans la culture culinaire algérienne pour la préparation de divers plats, sous forme de purée, compotes, sauces et salades. Les légumes choisis, à savoir, la carotte *Daucus carotta*, l'haricot vert *Phaseolus Vulgaris*, et la pomme de terre *Solanum tuberosum*, sont récupérés du marché hebdomadaire de Bejaia. Chaque légume est représenté par un échantillon représentatif, procuré du marché, de manière aléatoire. Environ cinq kilogrammes ont été choisis sur la base de critères établis ; organe complet, sains, à plein maturité, de taille et de couleur uniformes.

Les échantillons représentatifs des légumes étudiés (Carotte, Pomme de terre, Haricot vert) une fois nettoyés et lavés à l'eau sont alors égouttés et séchés, puis sont divisés en trois lots, conservés dans des sachets en plastiques (100-200g par sachet) hermétique à l'air et à l'eau. Les trois lots sont répartis comme suit :

Un lot frais : pour étudier les paramètres physico-chimiques ainsi que la composition antioxydante et les activités biologiques à l'état frais.

Un lot congelé : pour étudier l'effet de la congélation à (-23C°) et à (-80C°) sur la composition et activités antioxydantes de ces légumes. La durée de congélation est de 30 jours.

Un lot cuit : pour étudier l'impact du mode et de la température de cuisson sur l'activité antioxydante de ces légumes. La cuisson par évaporation, et par émergence à (80C° ,90C° et 100C°) pendant 20min sont alors comparés pour les trois légumes choisis.



Figure 04 : photographie des légumes étudiés

2- Caractérisation physico-chimique des légumes étudiés

2-1 Test d'humidité

La teneur en eau des différents légumes est évaluée selon la méthode décrite par **Adil et al (2007)**. Une prise d'essai de 2g est séchée dans une étuve ventilée à une température de 103°C (\pm 2°C) jusqu'à l'obtention d'un poids constant. L'humidité est alors calculée selon la formule suivante :

D'où :

$$\text{Taux d'humidité \%} = [(P_f - P_s) / P_f] \times 100$$

P_f : Poids frais de l'échantillon avant étuvage.

P_s : Poids de l'échantillon après étuvage.

2.2 Potentiel d'hydrogène (pH)

Le potentiel hydrogène des légumes étudiés, est évalué à l'aide d'un pH mètre, selon la méthode décrite par **AFNOR (1986)**.

Une prise d'essai de 3g d'échantillon bien broyé est mélangée avec 25 ml d'eau distillée, l'ensemble est laissé sous agitation pendant 30 minutes. Le filtrat obtenu est placé au pH-mètre et la mesure est réalisée en cinq répétitions.

2.3 Acidité titrable

La mesure de l'acidité des légumes étudiés est réalisée selon la méthode décrite par (Verma, 2000).

Une prise d'essai de 5g est mélangée avec de l'eau distillée à un pH neutre, l'ensemble est mis sous agitation pendant 15 minutes avant d'être filtré. un titrage est alors réalisé à température ambiante avec une solution de NaOH à 0.01N sous agitation après avoir ajouté de la phénolphthaléine comme indicateur coloré. Le titrage est arrêté lors de l'apparition d'un virage de couleur.

La teneur en acidité titrable exprimée en gramme d'équivalent d'acide citrique dans 100g d'échantillon, est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Acidité} = \frac{Nb * Vb * M}{Va * P}$$

Avec :

M: Masse molaire de l'acide citrique (192,13 g/mol).

Va: Volume en millilitres de la prise d'essai.

Vb: Volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé.

Nb: Normalité de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé (0,01 N).

P : Nombre de protons (égale à trois).

2.4 Cendres totaux

Le taux des cendres des légumes étudiées est évalué selon la méthode décrite par **Leterme et al. (2006)**, avec une légère modification.

Pour chaque légume, une prise d'essai de 5 g est incinérée dans un four à moufle pendant 5h à 500° C. Le taux de cendre est calculé par la formule suivante :

$$\text{Taux de cendre} = \frac{P(v + e) - Pv}{P}$$

Avec :

P_(v+e) : Poids des creusets avec l'échantillon.

P_v : Poids des creusets vide.

P: prise d'essai.

2.5 Teneur en sucres totaux

La teneur en sucres totaux des légumes étudiées est déterminée par la méthode de **Dubois et al. (1956)**. Une prise d'essai de 2g d'échantillon est mélangée avec 50ml de méthanol 80% sous une agitation pendant 90 minutes à température ambiante.

Un volume de 3ml de sels CAREZ I et CAREZ II est additionné au mélange, suivi d'une filtration. Pour un volume de 1 ml du filtrat sont ajoutés respectivement, 1 ml de phénol à 5% et 5 ml d'acide sulfurique H₂SO₄ (1N), le mélange est mis à l'abri de la lumière pendant 30 minutes à une température ambiante. L'absorbance est mesuré à 485nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc.

La teneur en sucre totaux des différents échantillons est exprimée en gramme équivalent de glucose /100g de légume, en se référant à une courbe d'étalonnage. (**Annexe II**)

2.6 Teneur en sucres réducteurs

Le dosage des sucres réducteurs, des légumes étudiées, est réalisé selon la méthode décrite par **Zerrad et al. (2008)**

Une prise d'essai de 1g de légume est mélangée avec 50 ml d'eau distillé. Le mélange agité pendant 45 min à température ambiante est filtré.

Un volume 200µl d'extrait est alors additionné de 300µl du réactif DNS, et l'ensemble subi un chauffage au bain marie à 100°C pendant 5 minutes. Après chauffage, 1.5 ml d'eau distillé, est ajouté au mélange qui sera laissé à l'abri de la lumière pendant 15 min, l'absorbance est mesurée à une longueur d'onde de 530 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

La teneur en sucres réducteurs est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions opératoires en utilisant le glucose. (**Annexe II**)

2.7 Teneur en protéine

La teneur en protéines totales des légumes étudiés, est déterminée par colorimétrie selon le protocole rapporté par **(Bradford, 1976)**.

Une prise d'essai de 1g d'échantillon est diluée dans 50 ml d'eau distillé. L'ensemble est agité pendant 30 minutes, avant d'être filtrée.

Un volume de 100 µl est additionné de 3 ml de bleu de Coomassie, l'absorbance est mesurée à 595 nm à l'aide d'un spectrophotomètre contre un blanc.

La teneur en protéine des échantillons étudiés est évaluée à l'aide d'une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions en utilisant l'Albumine Sérum Bovine(BSA). **(Annexe II)**

3- Extraction et dosage des antioxydants

Une prise d'essai de 10g de chaque matière végétale bien broyé est mise en contact avec 50ml de solvant d'extraction (méthanol 80%). Après 30min d'agitation, le mélange est filtré et le retentât subit une autre extraction dans les même conditions. Les filtrats 1 et 2 ainsi récupérés et mélangés, sont ajustés jusqu'à un volume de 100ml.

3.1 Dosage des polyphénols

La teneur en composés phénoliques totaux des extraits est estimée selon la méthode décrite par **Siddhuraju et Becker (2003)**. Avec légères modifications.

Un volume de 500µl d'extrait est additionné à 1.5ml de réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois), auquel 1.5 ml de carbonate de sodium (60g/L) est ajouté après 5 min. l'absorbance est mesuré à 725 nm après une incubation de 90 min à l'abri de la lumière.

La concentration en composés phénoliques des extraits, exprimée en mg équivalent d'acide gallique par 100g d'échantillon, est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage en utilisant l'acide gallique. **(Annexe II)**

3.2 Dosage des flavonoïdes

La teneur en flavonoïdes des extraits est évaluée selon la méthode décrite par **Ordóñez et al. (2006)**.

Pour 1.5 ml de chaque extrait sont ajoutés 1.5 ml de chlorure d'aluminium (2%). Après une heure d'incubation à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 420 nm.

La teneur en flavonoïdes, exprimé en mg équivalent de quercétine par 100g d'échantillon est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage réalisée avec la quercétine dans les mêmes conditions. (Annexe II)

3.3 Dosage des anthocyanines

La teneur en anthocyanine est déterminée selon la méthode de **Lako et al. (2007)** légèrement modifié en utilisant tampon chlorure (PH=1.0 ,0.25M).

Une prise de 1g d'échantillon est mélangé avec 5ml d'eau distillé légèrement acidifié par l'acide chlorhydrique (0.1N). Après 15 min d'agitation, le mélange est filtré, le résidu subit une deuxième extraction dans les mêmes conditions. Les filtrats additionnés, sont centrifugés à 1500g pendant 10 min.

Dans deux tubes à essai, contenant chacun 1 ml d'extrait, sont ajoutés 8 ml de tampon d'acétate (pH=4.5 ,0.4M) pour le premier tube et 8ml de tampon chlorure (PH=1.0) pour le deuxième tube. La lecture des absorbances est effectuée à 510nm et 700nm pour chaque tube.

Les teneurs en anthocyanines, exprimées en mg d'équivalents Cyanidines-3-glucoside par 100g de légume, sont calculés selon la formule suivante :

$$\text{Anthocyanine (mg /100g)} = (\text{Abs}/\epsilon L) \times M \times DX \times (V/P) \times 100$$

D'où

$$\text{Abs} = (\text{Abs } 510\text{nm} - \text{Abs } 700\text{nm})_{\text{PH } 1.0} - (\text{Abs } 510\text{nm} - \text{Abs } 700\text{nm})_{\text{PH } 4.5}$$

Avec:

D:facteur de dilution

L:trajet optique (1cm).

V:volume final de l'extrait (ml)

P:masse de l'échantillon (mg)

M: poids moléculaire de cyanidine-3-glucoside (449.2g/mol)

ϵ : coefficient d'absorbance molaire de la cyanidine-3-glucoside (26900)

3.4 Dosage des caroténoïdes

La teneur des échantillons étudiés en caroténoïdes totaux est déterminée selon le protocole de **Soto-Zamora et al. (2005)**. La méthode consiste à faire extraire les caroténoïdes en homogénéisant 5g de légumes avec 30ml de solvants (hexane, acétone méthanol : 15 :8 :7) pendant 15min.

Un volume de 2ml de KOH (1M) est ajouté au mélange qui sera gardé à l'abri de la lumière pendant 16h ensuite 30ml d'hexane sont ajoutée suivi de 30ml de solution de sulfate de sodium (1%) après une minute. Le mélange est laissé décanter.

Les caroténoïdes sont récupérés à partir de la phase supérieure et la mesure d'absorbance est effectuée à 450nm.

La teneur des échantillons en caroténoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue en utilisant le β -carotène. (**Annexe II**)

3.5 Dosage de l'acide ascorbique (vitamine C)

La teneur en acide ascorbique des échantillons étudiés est estimée selon la méthode décrite par *AOAC (1989)*

Une quantité de 5g de légume est mélangée avec 25ml de solvant d'extraction (acide oxalique 0.4%).Après une agitation de 15 min à l'abri de la lumière et de l'air, le mélange est filtré et l'extraction est refaite pour le retentât dans les mêmes conditions, les deux filtrats récupérés sont additionnés et centrifugés à 1600g pendant 20 min.

La présence de l'acide ascorbique est traduit par l'apparition d'une couleur rose persistante après titrage du surnageant par le réactif de 2.6 dichlorophénol-indophénol (DCPIP) de couleur bleue qui permet d'oxyder la vitamine C en milieu acide.la teneur en vitamine C est calculé selon la formule suivante :

$$Vitamine\ C = \frac{[DCIP] * V(DCIP) * M}{V(\text{titré})}$$

Avec :

[DCIP] : concentration de la solution 2.6 dichlorophénol-indophénol (4.9mg/ml).

V(DCIP) : volume de la solution DCIP en ml utilisé.

M : masse molaire de l'acide ascorbique (176.12 g/mol).

V (titré) : volume de l'extrait titré.

4- Détermination de l'activité antioxydante et le pouvoir réducteur

4.1 Neutralisation des radicaux libres

4-1.1 Inhibition du radical DPPH*

Le pouvoir anti radicalaire, par la neutralisation du radical DPPH* des extraits est évalué selon la méthode décrite par **Ao et al. (2008)**.

2ml d'une solution méthanolique de DPPH* (0.06mg/ml) est mélangé avec 500 µl d'extrait. Le mélange obtenu est ensuite gardé à l'abri de la lumière à la température ambiante pendant 30 min, et l'absorbance est mesurée à 517 nm contre un témoin.

Le pouvoir anti radicalaire des extraits est exprimé en pourcentage d'inhibition du radical DPPH* (**Annexe II**)

$$PI\% = \left(1 - \frac{Abs E}{Abs T}\right) * 100$$

Avec :

Abs T: Absorbance du témoin après 30 min.

Abs E: Absorbance des échantillons mesurés après 30min.

Les résultats obtenus sont exprimées en concentration inhibitrice 50 (IC50).

4-2.2 L'activité réductrice

a. Réduction du chlorure ferrique

La réduction de chlorure ferrique FeCl₃ des extraits est déterminée selon la méthode décrit par **Siddhuraju et al. (2002)**.

Pour 1 ml d'extrait sont ajoutés 1 ml de tampon phosphate (0.2 M, PH= 6.6), et 2.5 ml de ferrocyanures de potassium (1%). Après incubation à 50°C pendant 30 minutes dans un Bain Marie, 1,5 ml d'acide trichloracétique (10%) sont ajoutés et le mélange est centrifugé à 3000 g pendant 15 minutes. Ensuite 1.5 ml de surnagent sont additionnés de 1.5 ml d'eau distillé et de 0.5 ml de chlorure ferrique (0.1 %), l'absorbance est mesurée à 700 nm après 10 minutes.

L'évaluation de pourcentage de réduction du chlorure ferrique par rapport à la concentration de standard l'acide gallique. Les résultats sont exprimées en (Equivalent acide gallique/100g) en référant à une courbe d'étalonnage réalisée dans les mêmes conditions. (**Annexe II**).

5- Etude statistique

Une étude statistique des données est réalisée à l'aide du logiciel STATISTICA. Les résultats sont représentés par une moyenne de cinq répétitions \pm Ecartype.

Afin de mettre en évidence les différences significatives entre les échantillons pour chaque paramètre, une analyse de la variance (ANOVA/MANOVA) à un facteur suivie du test LSD (la plus petite différence significative) est appliquée, et le niveau de signification est pris à $p < 0,05$.

Conclusion

Ce travail est focalisé sur l'étude des paramètres physico-chimiques, la composition en substances bioactives et l'activité antioxydante et réductrice de trois légumes très consommés dans la cuisine algérienne (la carotte, pomme de terre et haricot vert) à l'état frais, l'impact de la congélation à différentes températures (-23°C et à -80°C) et l'effet de la cuisson par ébullition et à la vapeur, sur l'activité biologique de ces légumes.

L'étude des paramètres physico-chimiques des trois légumes ont montrés que la carotte est la plus riche en eau, tandis que la pomme de terre possède la valeur la plus grande en acides organiques et minéraux. L'haricot est considéré comme le légume le plus riche en protéines.

Le dosage des antioxydants des échantillons étudiés à l'état frais a montré une différence significative ($p \leq 0.05$) de la teneur en polyphénols et en vitamine C et que l'haricot vert et la pomme de terre sont les plus riches en ces composés.

L'estimation de la concentration inhibitrice 50 des légumes étudiés a révélé que la pomme de terre est la plus active vis-à-vis le radical DPPH*.

D'après les résultats de l'étude du pouvoir réducteur, les valeurs varient de 12,14 à 19,94 $\mu\text{g EAG}/100\text{g MF}$. L'haricot vert possède la meilleure activité réductrice.

L'étude de l'impact de la congélation des ces trois légumes a révélé que les légumes crus possèdent les valeurs les plus élevées. L'étude statistique a montrée l'existence d'une différence significative ($p \leq 0.05$) des teneurs en polyphénols et en flavonoïdes et que les échantillons congelés à (-80°C) sont mieux préservés qu'à (-23°C).

Les résultats de l'étude de la corrélation a montré l'existence de très bonne corrélation linéaire entre l'activité inhibitrice du radical DPPH* avec les teneurs en polyphénols ($r=0.94$), et vitamine C ($r=0.94$), pour les échantillons congelés à (-23°C) et à (-80°C) respectivement.

Les résultats d'étude de l'effet de traitement thermique sur la composition phénolique ont montre que la cuisson par la vapeur préserve au mieux que la cuisson par ébullition. Les résultats ont montré également que la cuisson par ébullition à la température de 80°C préserve au mieux qu'avec les températures de 90 et 100°C.

En terme de perspectives et afin de compléter et d'approfondir la présente étude, il serait intéressant :

- ✓ De caractérisé la composante anti oxydante de ces légumes par HPLC et d'évaluer leur activité antioxydante par d'autres méthodes.
- ✓ D'étudier les effets d'autres traitements (séchage, réfrigération, ...) sur la teneur en antioxydants.
- ✓ D'élargir cette étude sur d'autres variétés et légumes consommés dans la région.

Références bibliographiques

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

Alasalvar, C., Al-Farsi, M., Quantick, P., Shahidi, F., Wiktorowicz, R., (2005). Effect of chill storage and modified atmosphere packaging (MAP) on antioxidant activity, anthocyanins, carotenoids, phenolics and sensory quality of ready-to-eat shredded orange and purple carrots. *Food Chemistry* 89, 69-76.

Alves, R.E., Filgueiras, H.A.C., Moura, C.F.H., Araújo, N.C.C., Almeida, A.S., (2002). Camu-Camu (*Myrciaria dubia* Mc Vaugh): A rich natural source of vitamin C, *Proc. Interamer. Soc. Trop. Hort*, pp. 11-13.

Ao, C., Li, A., Elzaawely, A.A., Xuan, T.D., Tawata, S., (2008). Evaluation of antioxidant and antibacterial activities of *Ficus microcarpa* L. fil. extract. *Food control* 19, 940-948.

Arkoub-Djermoune, L., Boulekbache-Makhlouf, L., Zeghichi-Hamri, S., Bellili, S., Boukhalfa, F., Madani, K., (2016). Influence of the thermal processing on the physico-chemical properties and the antioxidant activity of a solanaceae vegetable: eggplant. *Journal of Food Quality* 39, 181-191.

Ben Ammar, J., (2011). Étude de l'effet des champs électriques pulsés sur la congélation des produits végétaux. Compiègne.

BEN SAYAH, F. (2014). *Influence des conditions de stockage au froid des dattes sur leur qualité organoleptique dans la région des Zibans (Cas des dattes-variété Deglet Nour)* (Doctoral dissertation).

Benyaich, A., (2017). Les effets du régime méditerranéen sur les maladies chroniques: Maladies cardiovasculaires, stress oxydatif, dyslipidémie, diabète sucré, pression artérielle, cancer, maladies neurodégénératives et obésité. *Nutrition Research Reviews*.

Bonierbale, M., Zapata, G.B., zum Felde, T., Sosa, P., (2010). Composition nutritionnelle des pommes de terre. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 45, S28-S36.

Bougandoura, N., Bendimerad, N., (2013). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technology*, 14.

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, 248-254.

Brat, P., Georgé, S., Bellamy, A., Du Chaffaut, L., Scalbert, A., Mennen, L., Arnault, N., Amiot, M.J., (2006). Daily polyphenol intake in France from fruit and vegetables. *The Journal of nutrition* 136, 2368-2373.

Broughton, W.J., (2003). Roses by other names: taxonomy of the Rhizobiaceae. *Journal of bacteriology* 185, 2975-2979.

Bunea, A., Andjelkovic, M., Socaciu, C., Bobis, O., Neacsu, M., Verhé, R., Van Camp, J., (2008). Total and individual carotenoids and phenolic acids content in fresh, refrigerated and processed spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Food chemistry* 108, 649-656.

Cisse, M., Dornier, M., Sakho, M., Ndiaye, A., Reynes, M., Sock, O., (2009). Le bissap (*Hibiscus sabdariffa* L.): composition et principales utilisations. *Fruits* 64, 179-193.

Couvreur, A., Simonet, C., Loisel, J., (2000). Elaboration d'une table de composition nutritionnelle des aliments vecteurs de glucides simples. *Cahier de Recherche* 154, 1-60.

Davey, M.W., Kenis, K., Keulemans, J.,(2006). Genetic control of fruit vitamin C contents. *Plant Physiology* 142, 343-351.

de Sá, M.C., Rodriguez-Amaya, D.B., (2004). Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables—Comparison of analytical and calculated data. *Journal of Food Composition and Analysis* 17, 37-51.

Del Caro, A., Piga, A., Vacca, V., Agabbio, M.,(2004). Changes of flavonoids, vitamin C and antioxidant capacity in minimally processed citrus segments and juices during storage. *Food Chemistry* 84, 99-105.

Delaplace, P., Fauconnier, M.-L.,(2004). Valorisation industrielle de la pomme de terre. *Troupeaux et Cultures des Tropiques*, 51-56.

Dikrallah, A.,(2007). Etude de la typologie des défauts des arbres sur pied, analyse de l'anisotropie acoustique et détection des altérations par tomographie: Application au Cèdre de l'Atlas (*Cedrus atlantica* Manetti).

Doukani, K., Tabak, S., (2015). Profil Physicochimique du fruit " Lendj"(*Arbutus unedo* L.). *Nature & Technology*, 51.

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

DSA (2018): Direction des Services Agricole

Ewald, C., Fjelkner-Modig, S., Johansson, K., Sjöholm, I., Åkesson, B., (1999). Effect of processing on major flavonoids in processed onions, green beans, and peas. *Food Chemistry* 64, 231-235.

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

FAO (2018): Food Agriculture Organisation; organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

Farid, B., (2017). Les marqueurs biochimiques de la résistance à la salinité chez *Phaseolus vulgaris* L. Université d'Oran.

Favier, J.-C., Ireland-Ripert, J., Toque, C., Feinberg, M., (1995). Répertoire général des aliments: table de composition= Composition tables.

Feltran, J.C., Lemos, L.B., Vieites, R.L., (2004). Technological quality and utilization of potato tubers. *Scientia Agricola* 61, 593-597.

Goli, A.H., Barzegar, M., Sahari, M.A., (2005). Antioxidant activity and total phenolic compounds of pistachio (*Pistachia vera*) hull extracts. *Food Chemistry* 92, 521-525.

Hanna, L., Bassal, A.,(2003). Effet de la congélation sur les antioxydants naturels dans quelques légumes et fruits.

Hawkes, J.G., (1990). The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press.

Hecht, V., Foucher, F., Ferrándiz, C., Macknight, R., Navarro, C., Morin, J., Vardy, M.E., Ellis, N.,

Beltrán, J.P., Rameau, C.,(2005). Conservation of *Arabidopsis* flowering genes in model legumes. *Plant Physiology* 137, 1420-1434.

Hyardin, A., (2008). Étude de la fonctionnalité alimentaire de plats industriels. Vandoeuvre-les-Nancy, INPL.

Izumi, H.,(1999). Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *Journal of Food Science* 64, 536-539.

Jiménez, M., Chazarra, S., Escribano, J., Cabanes, J., García-Carmona, F., (2001). Competitive inhibition of mushroom tyrosinase by 4-substituted benzaldehydes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 49, 4060-4063.

Jolibert, F., Tonello, C., Sagegh, P., & Raymond, J. (1994). Les effets des hautes pressions sur la polyphénol oxydase des fruits. *Bios boissons*, 25(251), 27-37.

Kleinkopf, G., Westermann, D., Dwelle, R., (1981). Dry Matter Production and Nitrogen Utilization by Six Potato Cultivars 1. *Agronomy Journal* 73, 799-802.

Klimczak, I., Malecka, M., Szlachta, M., Gliszczyńska-Świgło, A., (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis* 20, 313-322.

Kumar, D., Singh, B., Kumar, P.,(2004). An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Annals of Applied Biology* 145, 247-256.

Lako, J., Trenerry, V.C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran, S., Premier, R., (2007). Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of Fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chemistry* 101, 1727-1741.

Latorre, M.E., de Escalada Plá, M.F., Rojas, A.M., Gerschenson, L.N., (2013). Blanching of red beet (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*) root. Effect of hot water or microwave radiation on cell wall characteristics. *LWT-Food Science and Technology* 50, 193-203.

Lecomte, M., (2013). Analyse des mécanismes de défense de la carotte (*Daucus carota*) face au champignon pathogène *Alternaria dauci*, responsable de l'alternariose ou brûlure foliaire. Université d'Angers.

Leong, S.Y., Oey, I., (2012). Effects of processing on anthocyanins, carotenoids and vitamin C in summer fruits and vegetables. *Food Chemistry* 133, 1577-1587.

Leterme, P., Buldgen, A., Estrada, F., Londoño, A.M., (2006). Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. *Food Chemistry* 95, 644-652.

Li, D., Zhu, Z., Sun, D.-W., (2018). Effects of freezing on cell structure of fresh cellular food materials: A review. *Trends in Food Science & Technology*.

Lim, Y.Y., Lim, T.T., Tee, J.J., (2006). Antioxidant properties of guava fruit: comparison with some local fruits. *Sunway Academic Journal* 3, 9-20.

Loginova, K., (2011). Mise en oeuvre de champs électriques pulses pour la conception d'un procédé de diffusion à froid à partir de betteraves à sucre et d'autres tubercules alimentaires (étude multi-échelle). Compiègne.

Lotfy, S., Fawzy, Y., (2014). Characterization and enhancement of the electrical performance of radiation modified poly (vinyl) alcohol/gelatin copolymer films doped with carotene. *Journal of Radiation Research and Applied Sciences* 7, 338-345.

Lutaladio, N., Prakash, A., (2010). La pomme de terre: histoire et développement économique. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 45, S5-S16.

Marinova, D., Ribarova, F., Atanassova, M., (2005). Total phenolics and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the university of chemical technology and metallurgy* 40, 255-260.

Mariotti, F., Tomé, D., (2003). Nutrition et santé: lipides et protéines d'origine végétale-De nouvelles données pour juger de la qualité des protéines végétales chez l'homme-Implications et perspectives. *Oléagineux, Corps gras, Lipides* 10, 17-22.

Mason, M., (2017). Development of nanofibrous membranes for enzymatic food processing.

Mazzeo, T., Paciulli, M., Chiavaro, E., Visconti, A., Fogliano, V., Ganino, T., Pellegrini, N., (2015). Impact of the industrial freezing process on selected vegetables-Part II. Colour and bioactive compounds. *Food Research International* 75, 89-97.

Moreira, T., Wolever, T., Davignon, J., Yada, R., (2010a). Influence of cooking processes on nutritional composition and potato digestibility. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 45.

Moreira, T.S., Wolever, T.M., Davignon, J., Yada, R., (2010b). Influence des procédés de cuisson sur la composition nutritionnelle et la digestibilité de la pomme de terre. *Cahiers de Nutrition et de Diététique* 45, S37-S43.

Naef, J., Turian, G., (1963). Sur les carotenoides du tissu cambial de racine de carotte cultivé in vitro. *Phytochemistry* 2, 173-177.

Ordóñez, A., Gomez, J., Vattuone, M., (2006). Antioxidant activities of *Sechium edule* (Jacq.) Swartz extracts. *Food chemistry* 97, 452-458.

Ouchemoukh, S., Hachoud, S., Boudraham, H., Mokrani, A., Louaileche, H., (2012). Antioxidant activities of some dried fruits consumed in Algeria. *LWT-Food Science and Technology* 49, 329-332.

Paciulli, M., Medina-Meza, I.G., Chiavaro, E., Barbosa-Cánovas, G.V., (2016). Impact of thermal and high pressure processing on quality parameters of beetroot (*Beta vulgaris* L.). *LWT-Food Science and Technology* 68, 98-104.

Parra, O.D.H., Ndoye, F.-T., Benkhelifa, H., Flick, D., Alvarez, G., (2018). Effect of process parameters on ice crystals and air bubbles size distributions of sorbets in a scraped surface heat exchanger. *International Journal of Refrigeration*.

Patras, A., Tiwari, B., Brunton, N., (2011). Influence of blanching and low temperature preservation strategies on antioxidant activity and phytochemical content of carrots, green beans and broccoli. *LWT-Food Science and Technology* 44, 299-306.

Philippon, J., Rouet-Mayer, M.-A., (1985). Blanchiment et qualité des légumes et des fruits surgelés. *Revue. 2. Aspects sensoriels. International journal of refrigeration* 8, 48-53.

Piga, A., Pinna, I., Özer, K.B., Agabbio, M., Aksoy, U., (2004). Hot air dehydration of figs (*Ficus carica* L.): drying kinetics and quality loss. *International journal of food science & technology* 39, 793-799.

Pincemail, J., Degruene, F., Voussure, S., Malherbe, C., Paquot, N., Defraigne, J.-O., (2007). Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme* 21, 66-75.

Puupponen-Pimiä, R., Häkkinen, S.T., Aarni, M., Suortti, T., Lampi, A.M., Euroola, M., Piironen, V., Nuutila, A.M., Oksman-Caldentey, K.M., (2003). Blanching and long-term freezing affect various bioactive compounds of vegetables in different ways. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 83, 1389-1402.

Rebeaud, S.G., Cotter, P.-Y., Christen, D., (2015). Influence du stade de maturité, de la température et du traitement au 1-MCP sur la qualité des abricots. *Revue suisse de viticulture, arboriculture et horticulture* 47, 356-362.

Rodriguez-Amaya, D.B., (2010). Quantitative analysis, in vitro assessment of bioavailability and antioxidant activity of food carotenoids—A review. *Journal of Food Composition and Analysis* 23, 726-740.

Selvaraj, Y., KUMAR, R., (1989). Studies on fruit softening enzymes and polyphenol oxidase activity in ripening mango (*Mangifera indica* L.) fruit. *Journal of food science and technology* 26, 218-222.

Sharififar, F., Dehghn-Nudeh, G., Mirtajaldini, M., (2009). Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry* 112, 885-888.

Sharififar, F., Dehghn-Nudeh, G., Mirtajaldini, M., (2009). Major flavonoids with antioxidant activity from *Teucrium polium* L. *Food Chemistry* 112, 885-888.

Siddhuraju, P., Becker, K.,(2003). Antioxidant properties of various solvent extracts of total phenolic constituents from three different agroclimatic origins of drumstick tree (*Moringa oleifera* Lam.) leaves. *Journal of agricultural and food chemistry* 51, 2144-2155.

Siddhuraju, P., Mohan, P., Becker, K.,(2002). Studies on the antioxidant activity of Indian Laburnum (*Cassia fistula* L.): a preliminary assessment of crude extracts from stem bark, leaves, flowers and fruit pulp. *Food chemistry* 79, 61-67.

Siriwoharn, T., Wrolstad, R.E., Finn, C.E., Pereira, C.B., (2004). Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus* L. Hybrids) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52, 8021-8030.

Soto-Zamora, G., Yahia, E.M., Brecht, J.K., Gardea, A., (2005). Effects of postharvest hot air treatments on the quality and antioxidant levels in tomato fruit. *LWT-Food Science and Technology* 38, 657-663.

Sousa, A., Ferreira, I.C., Barros, L., Bento, A., Pereira, J.A.,(2008). Effect of solvent and extraction temperatures on the antioxidant potential of traditional stoned table olives “alcaparras”. *LWT-Food Science and Technology* 41, 739-745.

Sreeramulu, D., Raghunath, M.,(2010). Antioxidant activity and phenolic content of roots, tubers and vegetables commonly consumed in India. *Food Research International* 43, 1017-1020.

Sun, T., Simon, P.W., Tanumihardjo, S.A.,(2009). Antioxidant phytochemicals and antioxidant capacity of biofortified carrots (*Daucus carota* L.) of various colors. *Journal of agricultural and food chemistry* 57, 4142-4147.

Tirilly Y, Marcel C Bourgeois : technologies des aliments, table composition des aliments.
Ed. TEC & DOC, Paris p45-60

Torres, M. (2004). Légumes et céréales. Ed. Delville, Paris, 104-108.

Tremeac, B.,(2004). Étude expérimentale et numérique des phénomènes thermomécaniques lors de la congélation de produits alimentaires. Application à des structures multicouches. Université de Nantes.

Tudela, J.A., Cantos, E., Espín, J.C., Tomás-Barberán, F.A., Gil, M.I., (2002). Induction of antioxidant flavonol biosynthesis in fresh-cut potatoes. Effect of domestic cooking. Journal of Agricultural and Food Chemistry 50, 5925-5931.

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

Veberic, R., Colaric, M., Stampar, F., (2008). Phenolic acids and flavonoids of fig fruit (*Ficus carica* L.) in the northern Mediterranean region. Food Chemistry 106, 153-157.

Verma, L.,(2000). Postharvest technology of fruits and vegetables: handling, processing, fermentation, and waste management. Indus Publishing.

Wu, X., Beecher, G.R., Holden, J.M., Haytowitz, D.B., Gebhardt, S.E., Prior, R.L.,(2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. Journal of agricultural and food chemistry 52, 4026-4037.

Xu, B., Chang, S.K., (2009). Total phenolic, phenolic acid, anthocyanin, flavan-3-ol, and flavonol profiles and antioxidant properties of pinto and black beans (*Phaseolus vulgaris* L.) as affected by thermal processing. Journal of agricultural and food chemistry 57, 4754-4764.

Zakaria Chahine, A., Bassal, A.,(2005). Influence du conditionnement et de la température sur la qualité des carottes au cours du stockage.

Zerrad, W., Maataoui, B., Hilali, S., El Antri, S., Hmyene, A., (2008). Etude comparative des mécanismes biochimiques de résistance au stress hydrique de deux variétés de blé dur. Lebanese Science Journal 9, 27-36.

Zhang, D., Hamazu, Y., (2004). Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). Journal of Food Agriculture and Environment 2, 95-100.

<https://mangermediterranéen.com> : consulté le 06 juin 2018

www.geiser-agro.com : consulté le 18 avril 2018

www.pharmavie.fr/haricots-verts-bienfaits-sante.html : consulté le 04 avril 2018

Annexes

Tableau I : Composition moyenne de la carotte (**Favier et al., 1995**)

Elément	Teneur dans 100g de partie comestible
Eau (g)	88.8
Energie (kJ)	126 (30 Kcal)
Protéines (g)	0.7
Vitamine C (mg)	4
Glucides (g)	6.4

Tableau II : Composition moyenne de la pomme de terre (**Delaplace and Fauconnier, 2004**)

Elément	Valeur moyenne de la matière fraîche
Eau (g)	77.5
Matière sèche	22.5
Glucides totaux	19.4
Protides	2
Lipides	0.1
Cendres	1.0

Tableau III : Composition moyenne de l'haricot vert (**Torres., 2004**).

Composés	Minéraux (mg/100g)	Vitamines
Eau (90g/100g)	Iode, I (0.032mg/100g)	Vitamine A (170UI/100g)
Protides (8g/100g)	Zinc, Zn (0.1-0.2mg/100g)	Vitamine B ₁ (0.5-3mg/100g)
Lipides (0.5g/100g)	Calcium, Ca (37mg/100g)	Vitamine B ₂ (0.1mg/100g)
Glucides (21g/100g)	Phosphore, P (38mg/100g)	Vitamine C (2mg/100g)
Carotène (170UI/100g)	Fer, Fe (1mg/100g)	Vitamine E (2.5mg/100g)
Calories (120Kcal/100g)	Sodium, Na (6mg/100g)	Fibres (0.07g/100g)

Courbes d'étalonnages utilisées pour la détermination de la teneur en antioxydants

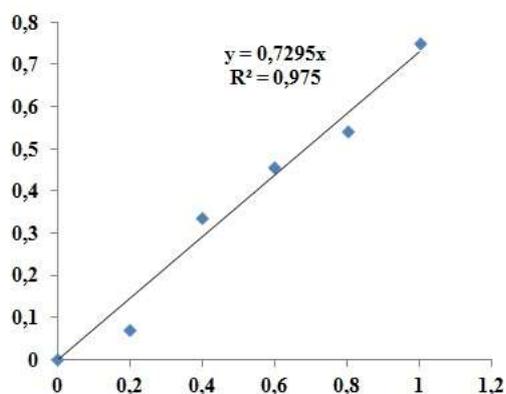


Figure 01: Courbe d'étalonnage des sucres totaux réalisée avec le glucose

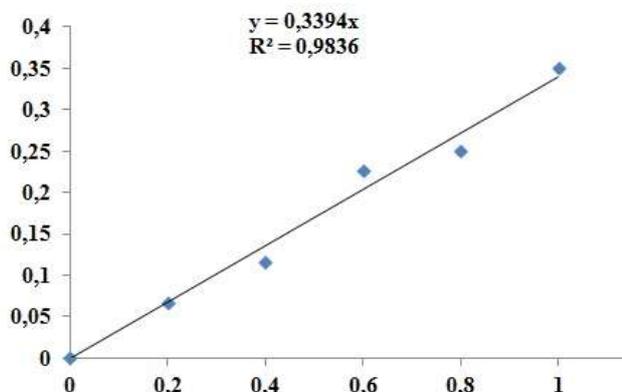


Figure 02: Courbe d'étalonnage des sucres réducteurs réalisée avec le glucose

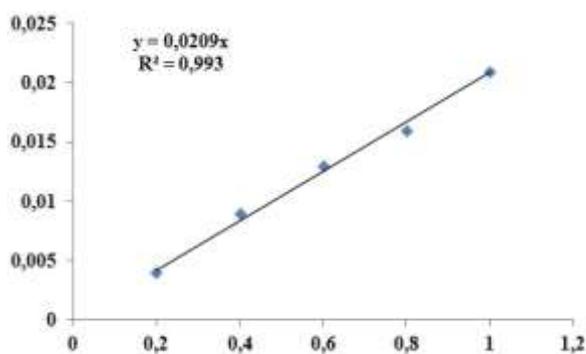


Figure 03: Courbe d'étalonnage des protéines réalisée avec la BSA

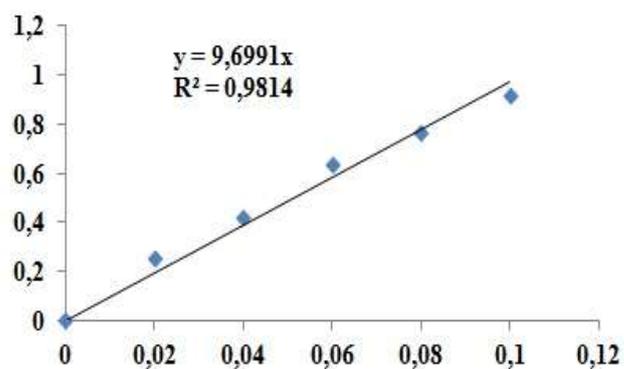


Figure 04: Courbe d'étalonnage des polyphénols réalisée avec l'acide gallique

Annexe II

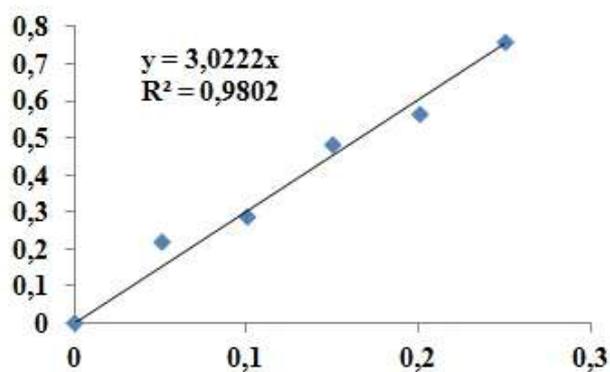


Figure 05: Courbe d'étalonnage des flavonoïdes réalisée avec la quercétine.

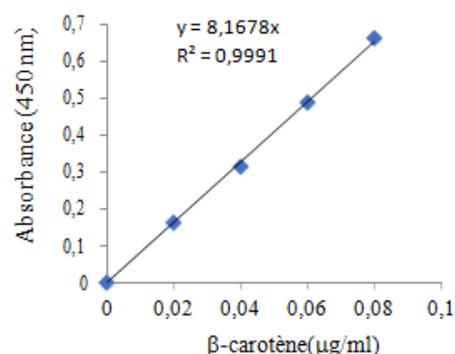


Figure 06: Courbe d'étalonnage des caroténoïdes réalisée avec la β-carotène.

Courbes d'étalonnages utilisées pour la détermination de l'activité antioxydante

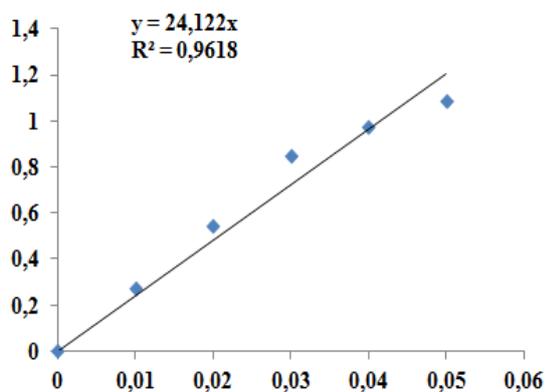


Figure 07: Pourcentage de réduction de $FeCl_3$ en fonction de la concentration de l'acide gallique

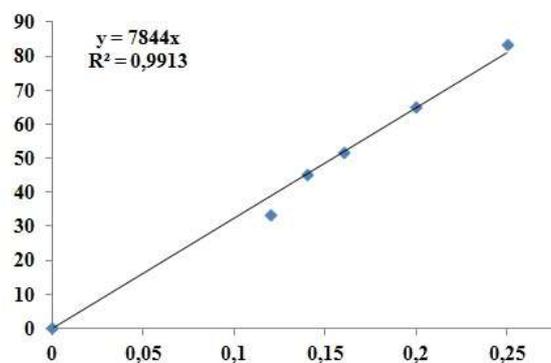


Figure 08 : Pourcentage d'inhibition de DPPH* en fonction de la concentration en acide gallique

Corrélations entre l'activité inhibitrice 50 (IC₅₀) avec les teneurs en antioxydants des légumes crus

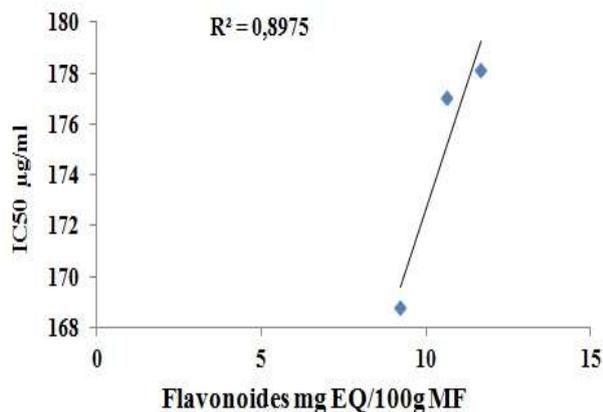


Figure 01: Les flavonoïdes des légumes crus

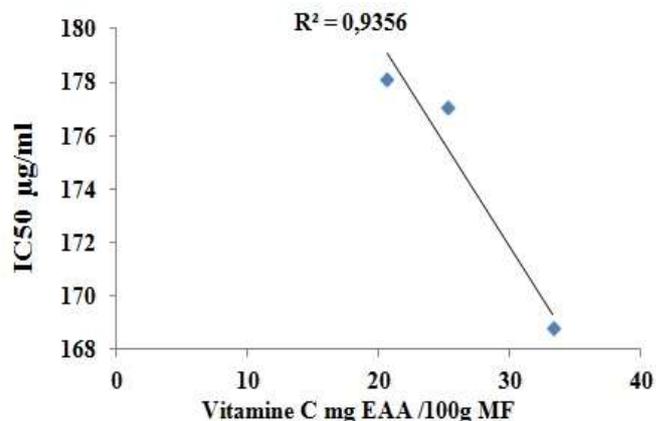


Figure 02: Vitamine C des légumes crus

Corrélations entre pouvoir réducteur des légumes étudiés à l'état frais avec leurs teneurs en antioxydants

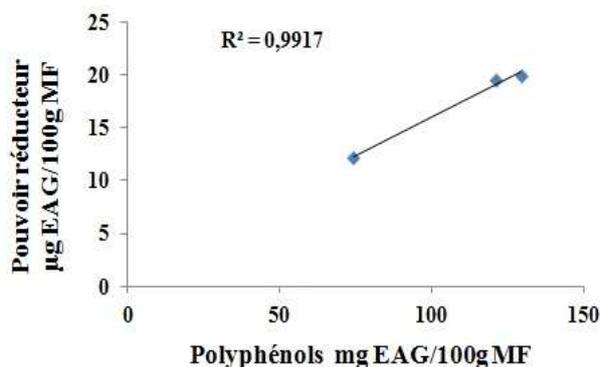


Figure 03: Les Polyphénols des légumes crus

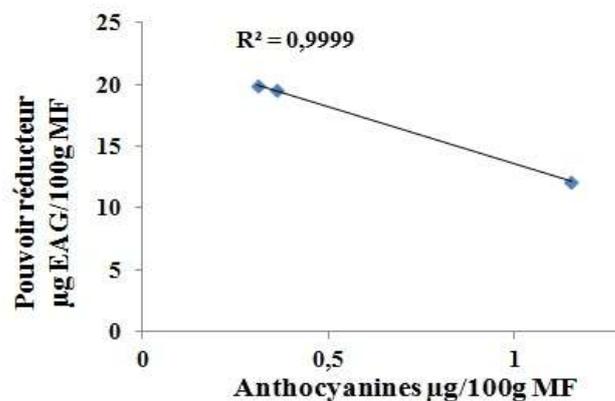


Figure 04: Les anthocyanines des légumes crus

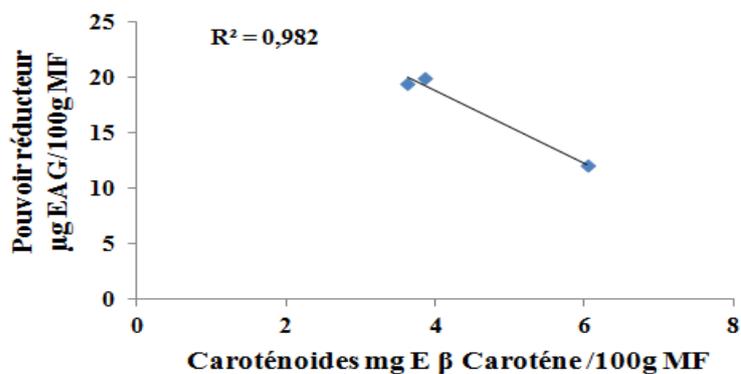


Figure 05: Les caroténoïdes des légumes crus

Corrélations entre l'activité inhibitrice 50 (IC₅₀) avec les teneurs en antioxydants après congélation

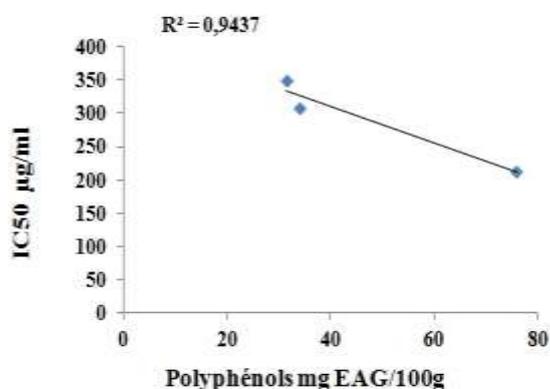


Figure 01: Les Polyphénols des légumes après congélation à (-23°C).

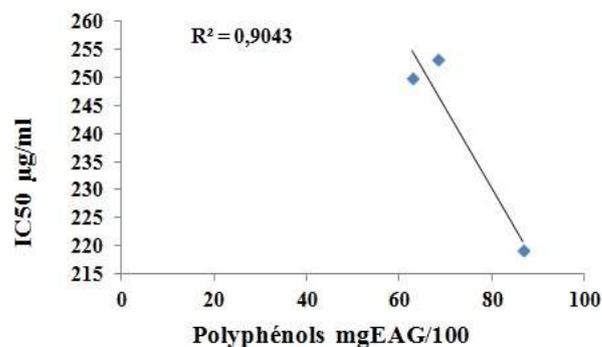


Figure 02 : Les Polyphénols des légumes après congélation à (-80°C).

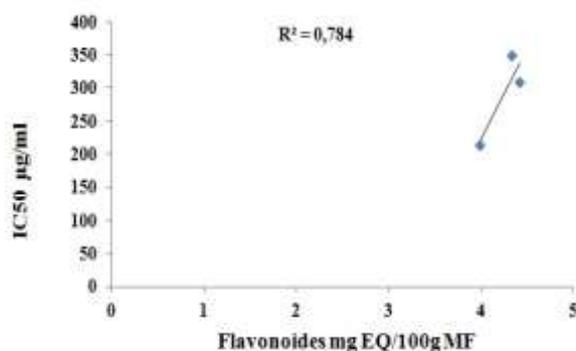


Figure 03: Les flavonoïdes des légumes après congélation à (-23°C).

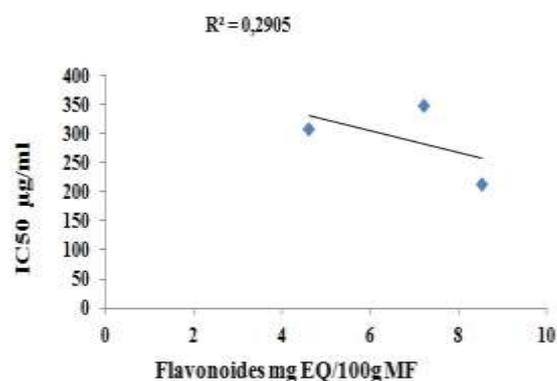


Figure 04 : Les flavonoïdes des légumes après congélation à (-80°C).

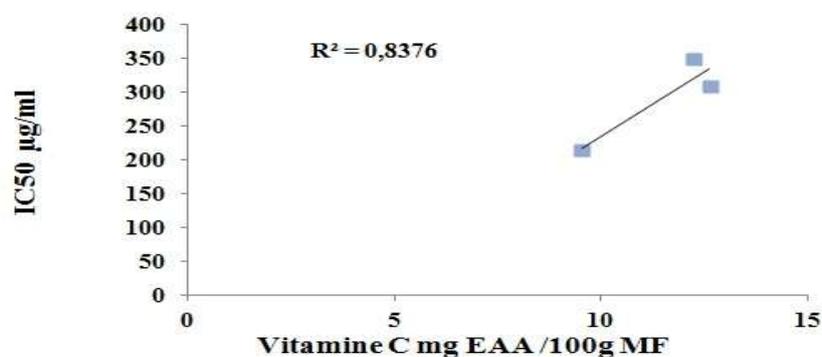


Figure 07: La vitamine C des légumes après congélation à (-80°C).

Corrélations entre pouvoir réducteur des légumes étudiés avec leurs teneurs en antioxydants après congélation

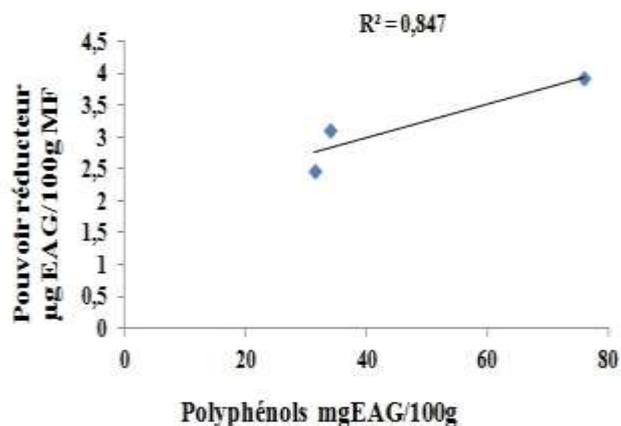


Figure 09: Les Polyphénols des légumes après congélation à (-23°C).

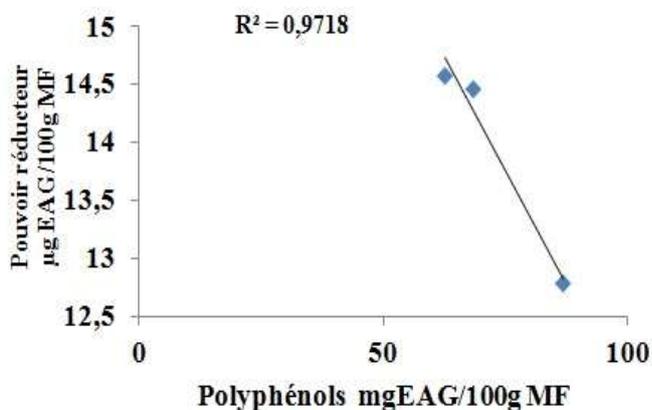


Figure 10 : Les Polyphénols des légumes après congélation à (-80°C).

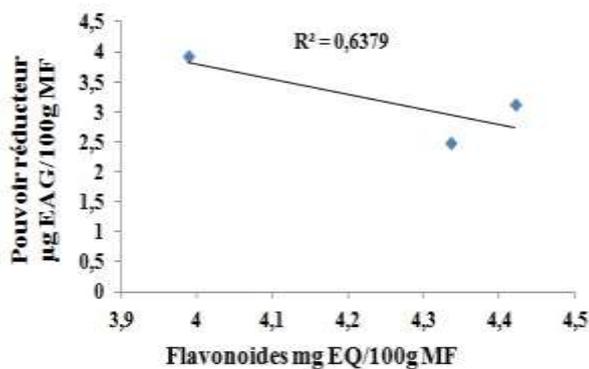


Figure 11: Les flavonoïdes des légumes après congélation à (-23°C).

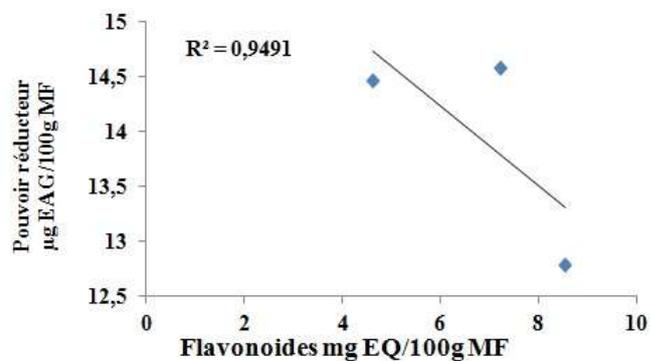


Figure 12: Les flavonoïdes des légumes après congélation à (-80°C).

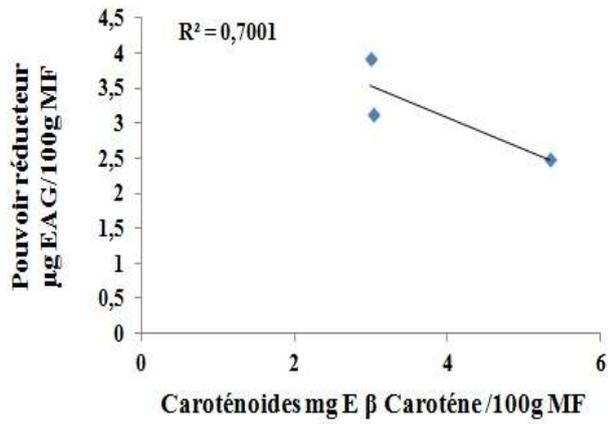


Figure 13: Les caroténoïdes des légumes après congélation à (-23°C).

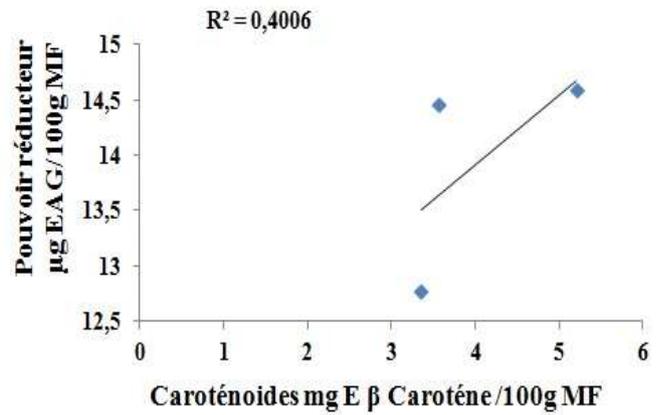


Figure 14: Les caroténoïdes des légumes congélation à (-80°C).

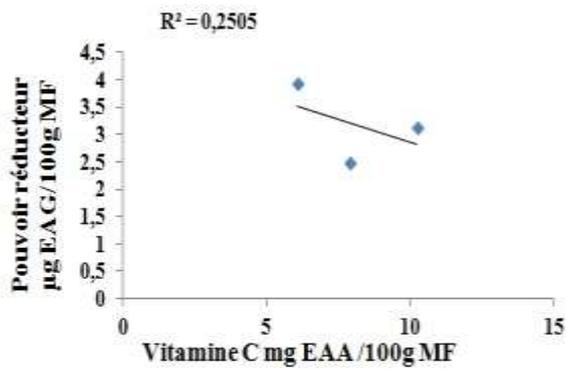


Figure 15: La vitamine C des légumes après congélation à (-23°C).

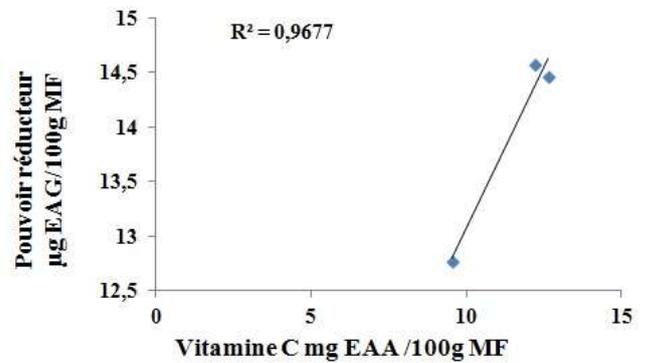


Figure 17 : La vitamine C des légumes après congélation à (-80°C).

Corrélations entre l'activité inhibitrice 50 (IC₅₀) avec les teneurs en polyphénols après cuisson

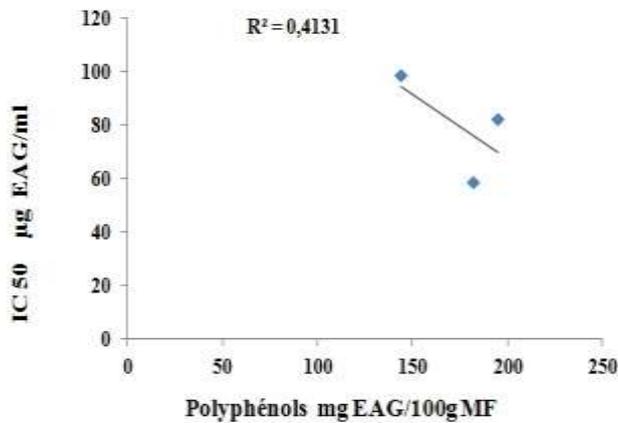


Figure 01: Les Polyphénols des légumes après cuisson par émerision à 80°C.

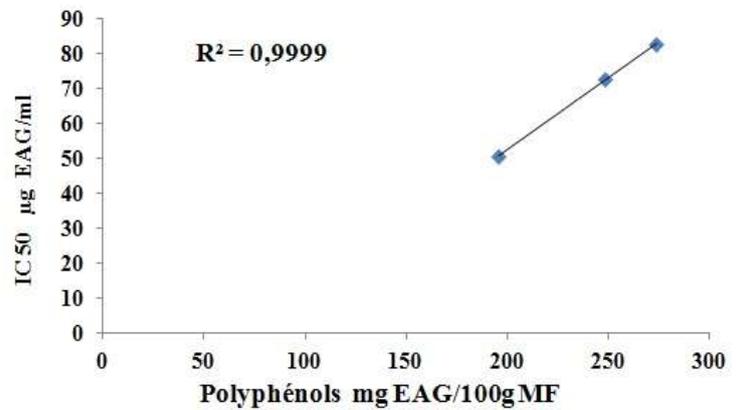


Figure 02 : Les Polyphénols des légumes cuisson par émerision à 90°C

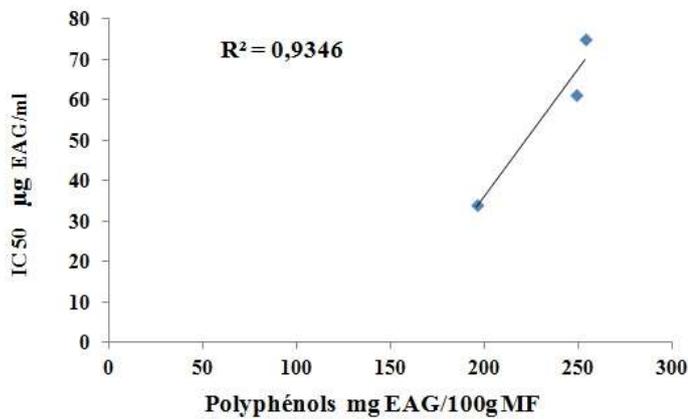


Figure 01: Les Polyphénols des légumes après cuisson par émerision à 100°C.

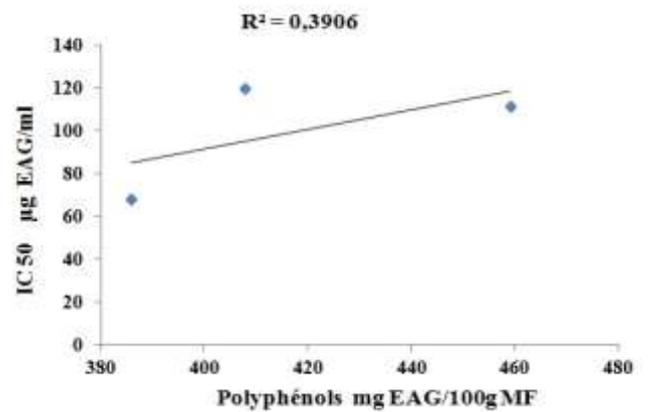


Figure 02 : Les Polyphénols des légumes cuisson par la vapeur

Pourcentage d'inhibition du radical DPPH* en fonction des concentrations des extraits à l'état cru.

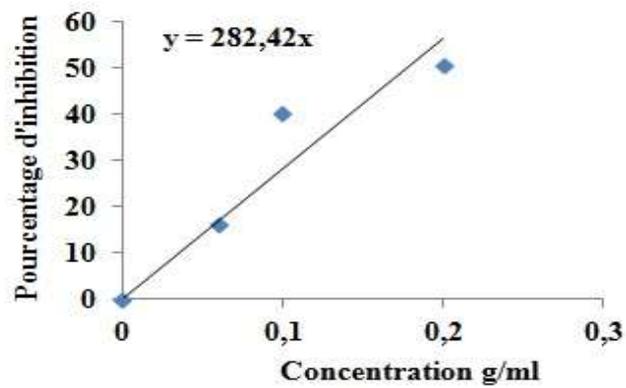


Figure 01 : Pourcentage d'inhibition de DPPH* par la carotte à l'état frais.

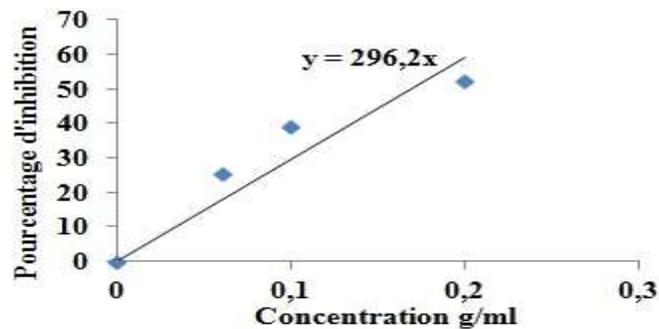


Figure 02 : Pourcentage d'inhibition de DPPH* par la pomme de terre à l'état frais.

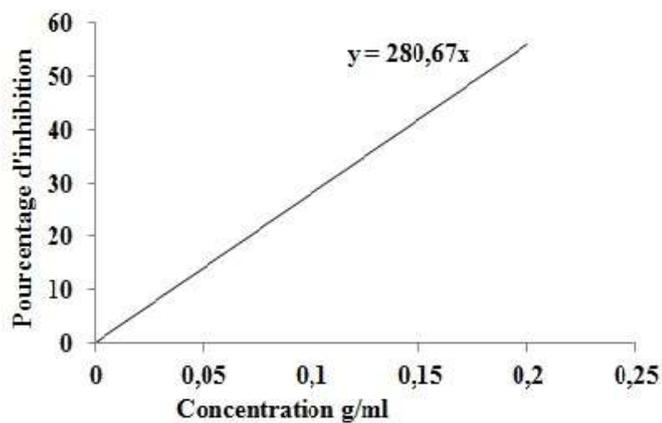


Figure 03 : Pourcentage d'inhibition de DPPH* par l'haricot vert à l'état frais.

Pourcentage d'inhibition du radical DPPH* en fonction des concentrations des extraits congelés.

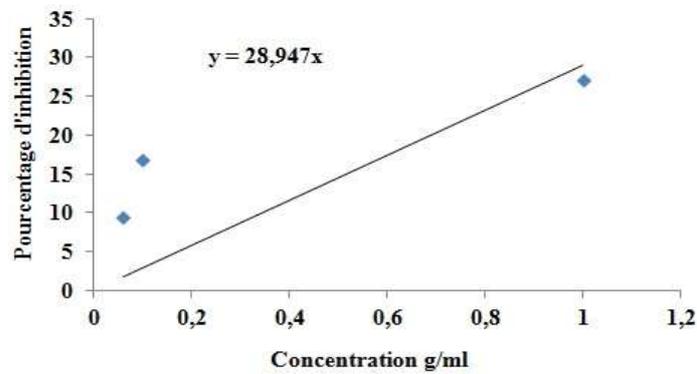


Figure 04 : Pourcentage d'inhibition de DPPH* par la carotte congelée à (-23°C).

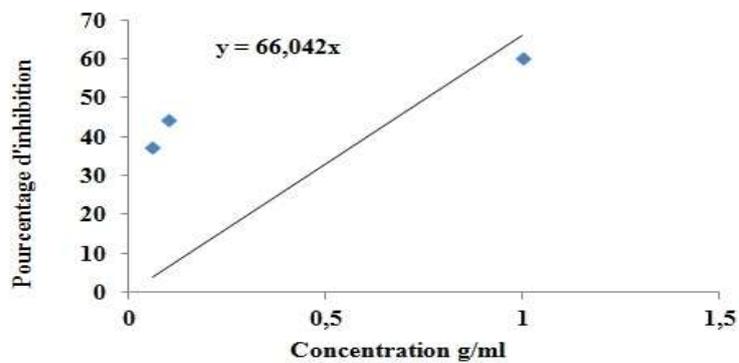


Figure 05: Pourcentage d'inhibition de DPPH* par la pomme de terre congelée à (-23°C).

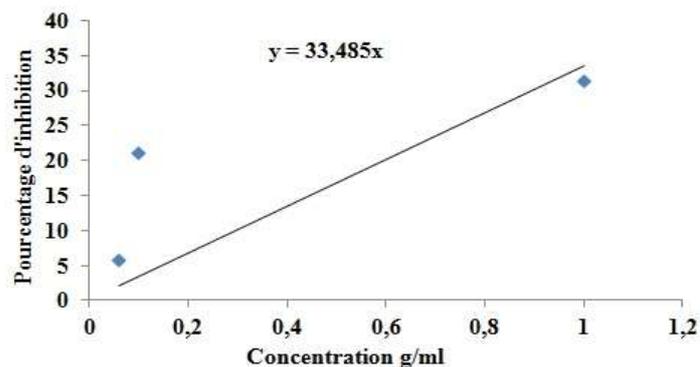


Figure 06: Pourcentage d'inhibition de DPPH* par l'haricot vert congelé à (-23°C).

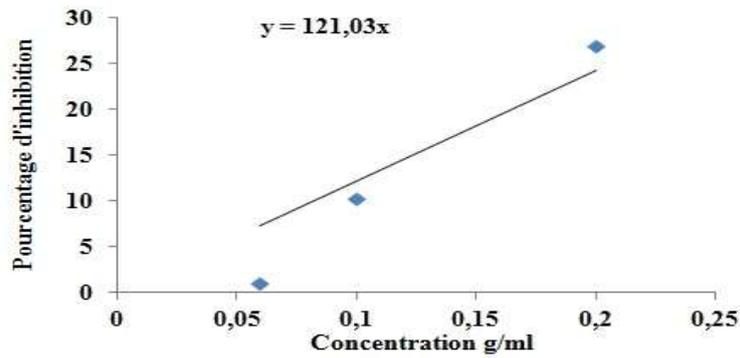


Figure 07: Pourcentage d'inhibition de DPPH* par la carotte congelé à (-80°C).

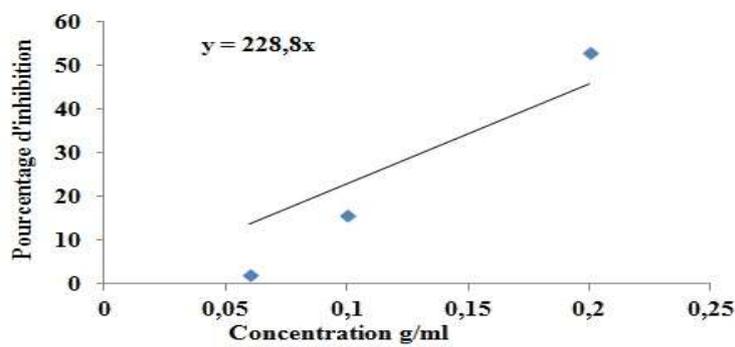


Figure 08: Pourcentage d'inhibition de DPPH* par la pomme de terre congelé à (-80°C).

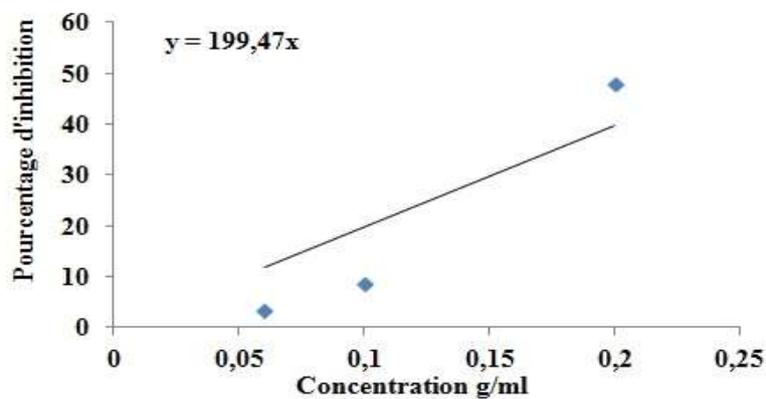


Figure 09: Pourcentage d'inhibition de DPPH* par l'haricot vert congelé à (-80°C).

Pourcentage d'inhibition du radical DPPH* en fonction des concentrations des extraits cuits.

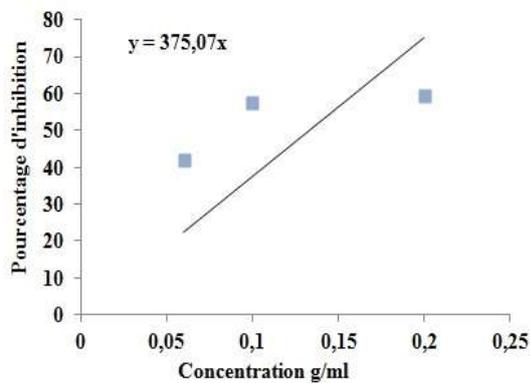


Figure 10: Pourcentage d'inhibition de DPPH* par la carotte cuit à (80°C).

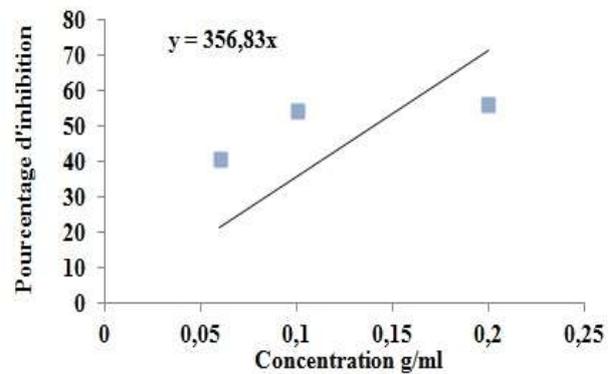


Figure 11: Pourcentage d'inhibition de DPPH* la pomme de terre cuit à (80°C).

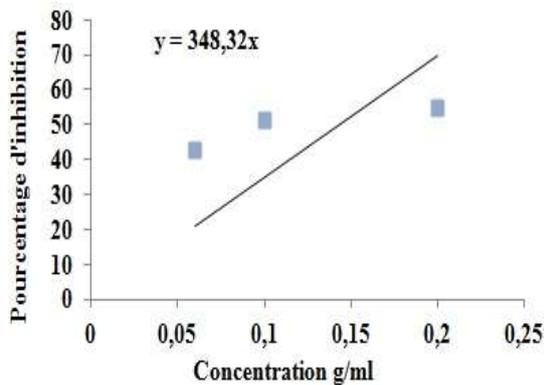


Figure 12: Pourcentage d'inhibition de DPPH* l'haricot vert cuit à (80°C).

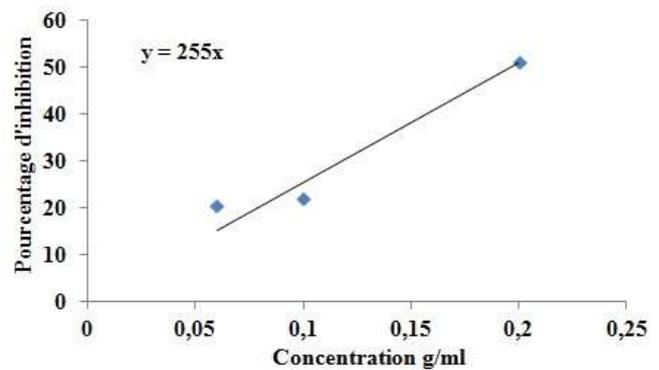


Figure 13: Pourcentage d'inhibition de DPPH* la carotte cuit à (90°C).

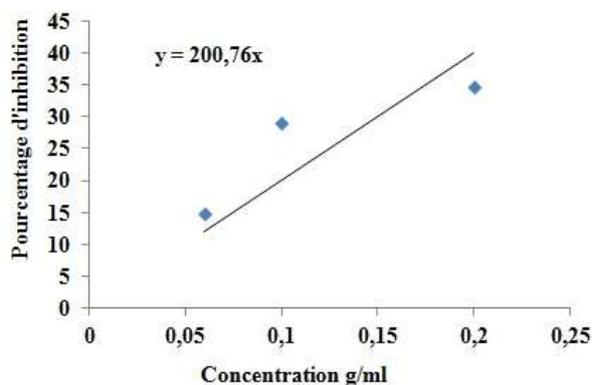


Figure 14: Pourcentage d'inhibition de DPPH* la pomme de terre cuit à (90°C).

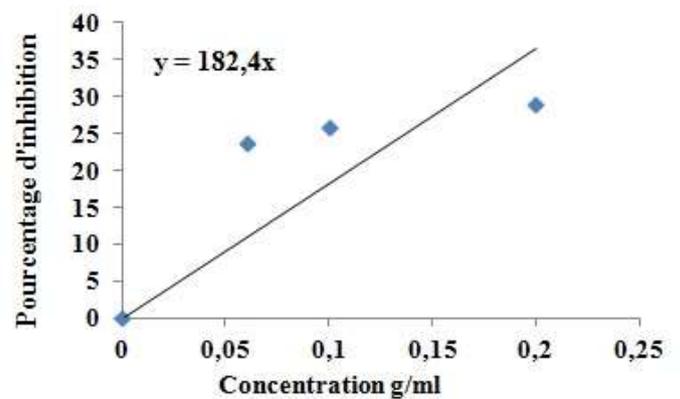


Figure 15: Pourcentage d'inhibition de DPPH* l'haricot vert cuit à (90°C).

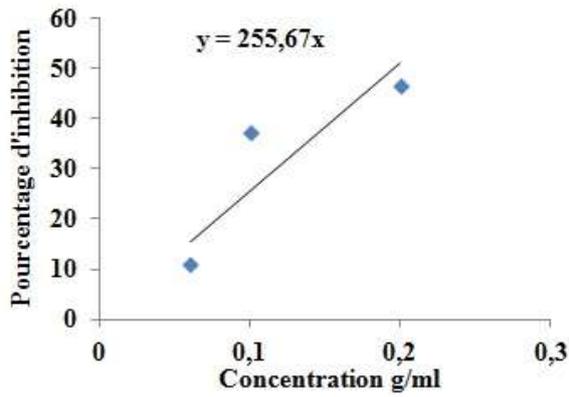


Figure 16: Pourcentage d'inhibition de DPPH la carotte cuit à (100°C).

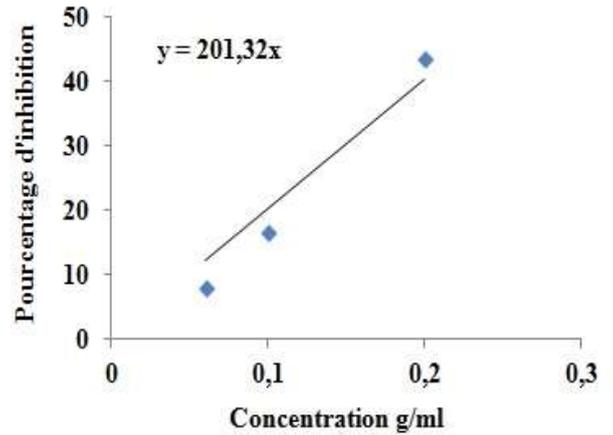


Figure 17: Pourcentage d'inhibition de DPPH la pomme de terre cuit à (100°C).

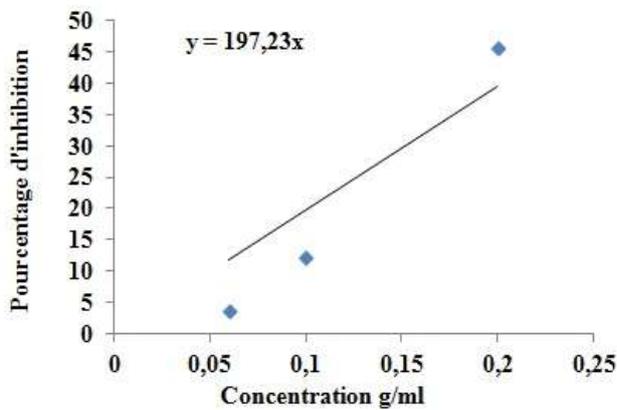


Figure 18: Pourcentage d'inhibition de DPPH l'haricot vert cuit à (100°C).

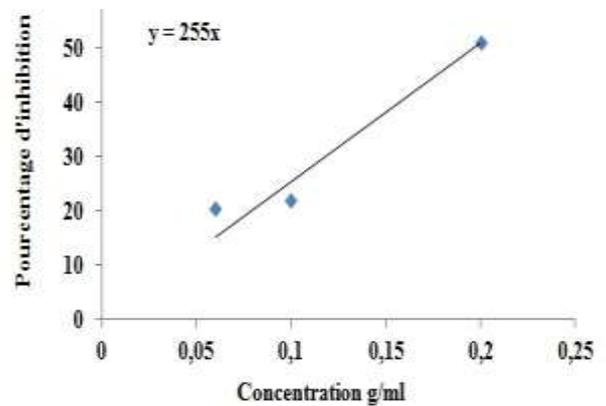


Figure 19: Pourcentage d'inhibition de DPPH la carotte cuit à la vapeur.

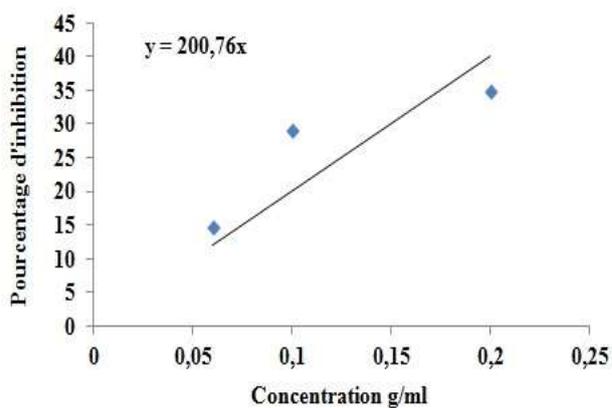


Figure 20: Pourcentage d'inhibition de DPPH la pomme de terre cuit à la vapeur.

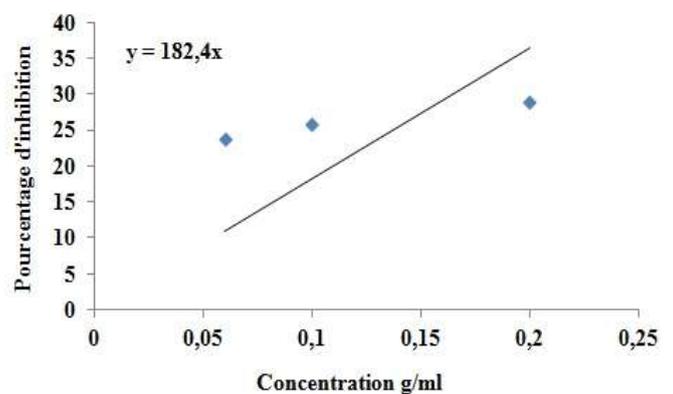


Figure 21: Pourcentage d'inhibition de DPPH l'haricot vert cuit à la vapeur.

<i>Solution</i>	<i>Préparation</i>
Na OH (0.01N)	0.4 g de NaOH dans 1 L eau distillée
Acide oxalique (0.4%) :	0.4g dans 100 ml d'eau distillée
Carrez I (15%)	4.5 g dans 30 ml d'eau distillée
Carrez II (30%)	9g dans 30ml d'eau distillée
KoH (1M) : 9	22 g dans 200 ml d'eau distillée
Folin dilué 10 fois	1ml de folin + 9 ml d'eau distillé
Tampon d'acétate (PH=4.5, 0.4M) :	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Acétate de sodium (0.4M) : 1.64 g + 50 ml d'eau distillée ✓ Acide acétique (0.4 M) : 1.92 g +80 ml d'eau distillée
Méthanol (80%)	80ml méthanol+ 20 ml d'eau distillée
Chlorure d'aluminium (2%) Al Cl ₃	2g dans 100 ml d'eau distillée
DNS	2g DNS + 3.2 soude +70 ml eau distillée
Sulfate de sodium 10 %	10g Na ₂ SO ₄ + 100 ml eau distillée
Carbonate de sodium 60g/L Na ₂ CO ₃	60g dans 1 L d'eau distillée
Tampon phosphate (0.2 M, Ph 6.6)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 2.72g de KH₂PO₂ dans 100ml d'eau distillée ✓ 3.48g de K₂KPO₂ dans 100ml d'eau distillée
Acide trichloracétique(TCA) 10%	10g de TCA dans 100 ml d'eau distillée
Ferrocyanure de potassium (K ₂ Fe(CN)) 1%	1g de (K ₂ Fe(CN)) dans 100 ml d'eau distillée
DCIP (Abs = 0.862)	Mesure d'absorbance
Bleu de Coomassie	100 mg de BBC G-250 50 ml d'éthanol absolue. Acide phosphorique à 85% Compléter à 1000 ml avec l'eau distillée.

Résumé

Le but de ce travail est d'étudier l'impact de la congélation et l'effet du mode de cuisson à différentes températures sur les paramètres physico-chimiques, la teneur en substances bioactives et l'activité antioxydante de trois légumes très consommés en Algérie à savoir la carotte, la pomme de terre et l'haricot vert. Les résultats obtenus indiquent que 91,6 % de la carotte crue est constituée d'eau, la pomme de terre possède une acidité de 236 µg E.A.C./100g et un taux de 101mg/100g de minéraux à l'état frais. L'haricot vert cru contient 6,21 g E.BSA/100g MF de protéines. La conservation à froid a entraîné une diminution significative de l'acidité titrable et de la teneur en antioxydants par rapport à l'état frais. Les résultats des dosages ont montré que les échantillons congelés à (-80°C) sont mieux préservés qu'à (-23°C) avec des pertes de l'ordre de 30.37% et de 56.17% respectivement. Les résultats d'étude de l'effet de cuisson sur la composition phénolique ont montré qu'un traitement à la vapeur préserve au mieux que la cuisson par ébullition à 80°C, 90°C et 100°C avec des taux de pertes de 8.13%, 25.24%, 36.13% et 48.56% respectivement. L'activité antioxydante est évaluée par deux tests (le test de chlorure ferrique et neutralisation du radical de DPPH^{*}). Les échantillons crus présentent la meilleure activité réductrice et antiradicalaire.

Mot clé : Carotte, Pomme de terre, Haricot vert, Congélation, Cuisson, Activité antioxydante.

Abstract

The goal of this study is to determine the impact of freezing and the effect of cooking modes at various temperatures on the physico-chemical parameters, the content of bioactive substances and the antioxidant activity of carrot, potato and green bean. The results obtained indicate that 91, 6 % of the raw carrot consists of water, the potato has an acidity of 236 µg E.A.C./100g and a rate of mineral 101mg/100g in a fresh state. Raw green bean contains 6, 21 G E.BSA/100g MF of proteins. Cold conservation entrained a significant reduction in titrable acidity and content antioxidants compared to the raw one. The results of proportioning showed that the samples frozen with (-80C) are preserved better than with (-23C) with losses of about 30.37% and of 56.17% respectively. The results of the study of the effect of cooking on the phenolic composition showed that a treatment with vapor preserves as well as possible that cooking by boiling with 80C, 90C and 100C with rates of losses of 8.13%, 25.24%, 36.13% and 48.56% respectively. The antioxidant activity is evaluated by two test (the ferric chloride test and neutralization of the radical of DPPH^{*}) the raw samples present the best reducing and antiradicalaire activity.

Key words : Carrot ; Potato; Green bean; Physico-Chemical Parameters; Freezing effect; cooking effect; cooking modes ; Bioactive substances; Antioxydante activity.