

*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  
Filière : Sciences Alimentaires  
Spécialité : Qualité des produits et sécurité alimentaire



Réf : .....

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

**MASTER**

*Thème*

**Optimisation des conditions d'extraction  
des antioxydants à partir d'un sous-  
produit industriel : Pelures de pommes  
de terre**

Présenté par :

**AMRANE Hana & KHELLIL Amanda**

Soutenu le : **20 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

M BACHIR BEY M.

MCB

Président

M BOUDRIES H.

MCA

Encadreur

Mme BRAHMI N.

MAA

Examinatrice

**Année universitaire : 2017 / 2018**

# Remerciements

Nous adressons nos remerciements à notre promoteur Monsieur BOUDRIES H, de nous avoir encadré et de nous avoir permis de mener à bien ce mémoire.

Nous souhaitons également remercier Monsieur BACHIR BEY M, pour l'intérêt qu'il a porté à notre travail, pour sa disponibilité et pour son aide.

Nos remerciements vont également à Madame Brahmi N, ainsi que Monsieur Bachir bey M, d'avoir accepté d'examiner et d'évaluer notre travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement tout le personnel du laboratoire pour leur accueil, leur disponibilité, leur bonne humeur permanente et les conseils qu'ils ont pu nous prodiguer.

Nos sincères remerciements au personnel de l'entreprise BOUCHRA FOOD de nous avoir reçu, pour leur sympathie et pour nous avoir procuré des pelures de pomme de terre.

Enfin, nous exprimons nos plus vifs remerciements à nos familles et nos proches pour leur soutien permanent. Un grand merci à nos amis et toutes les personnes qui nous ont épaulées durant ce mémoire.

# TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

**Introduction ..... 1**

## **Partie bibliographique**

### **1. Pomme de terre**

1.1. Origines et description botanique .....	3
1.2. Types et variétés de pommes de terre .....	4
1.3. Productions mondiale et locale .....	5
1.4. Composition chimique .....	8
1.4.1 Glucides .....	8
1.4.2 Lipides .....	9
1.4.3 Protéines .....	9
1.4.4 Minéraux.....	9
1.4.5. Vitamines.....	10
1.4.6 Alcaloïdes. ....	10
1.5. Utilisations et transformations des pommes de terre.....	11
1.6. Maladies et toxicité des pommes de terre.....	11

### **2. Pelures de pommes de terre..... 12**

2.1. Composition des pelures.....	12
2.2. Impact des pelures sur la santé .....	13
2.3. Utilisation dans les industries agro-alimentaires .....	13

### **3. Antioxydants des pelures .....**

3.1. Définition des antioxydants .....	16
3.2. Composés phénoliques .....	16
3.3. Flavonoïdes .....	17
3.4. Caroténoïdes .....	18
3.5. Acide ascorbique .....	18

## **Partie expérimentale**

### **I. Matériel et méthodes**

#### **1. Echantillonnage et préparation des échantillons .....**

1.1. Propriétés physico-chimiques.....	21
1.1.1. Test d'humidité.....	21
1.1.2. Détermination du taux de cendres .....	22
1.1.3. Dosage des sucres .....	22

#### **2. Dosage des composés bioactifs des pelures de pomme de terre .....**

2.1. Flavonoïdes.....	23
2.2. Acide ascorbique .....	23
2.3. Caroténoïdes .....	23
3. Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante..	24
3.1. Méthode séquentielle.....	24
3.1.1. Préparation des extraits.....	24
3.1.2. Dosage des composés phénoliques.....	25
3.1.3. Mesure de l'activité anti-radical DPPH.....	25
3.2. Méthode des surfaces de réponses.....	26
4. Analyses statistiques .....	27

## **II. Résultats et discussion**

1. Propriétés physico-chimiques .....	28
1.1. Taux d'humidité .....	28
1.2. Détermination du taux de cendres .....	28
1.3. Teneur en sucres .....	29
2. Teneurs en composés bioactifs .....	29
2.1. Flavonoïdes .....	29
2.2. Acide ascorbique .....	30
2.3. Caroténoïdes .....	30
3. Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante par la méthode séquentielle .....	30
3.1. Effet du type de solvant .....	30
3.2. Effet de la concentration de l'éthanol.....	32
3.3. Effet du temps d'extraction .....	33
3.4. Effet de la température .....	35
4. Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante par la méthode de surfaces de réponses .....	36
4.1. Construction du plan expérimental.....	36
4.2. Effets des facteurs.....	39
4.3. Représentations spatiales et analyse des modèles de surfaces de réponses.....	40

<b>Conclusion.....</b>	<b>44</b>
------------------------	-----------

Références bibliographiques

Annexe

## **LISTE DES ABREVIATIONS**

AA : activité antioxydante

ABS : absorbance

BHT : butylhydroxytoluène

CP : composés phénoliques

DCPIP : 2,6-dichlorophénol-indophénol

DPPH : radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EAA : équivalent acide ascorbique

EAG : équivalent acide gallique

EQ : équivalent quercétine

EBC : équivalent bêta-carotène

EG : équivalent glucose

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

HA : hectare

HMF : Hydroxyméthylfurfural

MF : matière fraîche

MS : matière sèche

MSR : Méthodologie de surface de réponse

PP : pelures de pomme de terre

QX : quintaux

TPM : tours par minute

## LISTE DES FIGURES

N°	Titres	Pages
Figure 1	Structure de l'amidon	8
Figure 2	Teneurs en vitamines et autres éléments de la pomme de terre	9
Figure 3	Procédé de transformation industrielle de la pomme de terre	10
Figure 4	Structure et aspect de la solanine sur la pomme de terre	11
Figure 5	Structure de base d'un flavonoïde	16
Figure 6	Structures de quelques caroténoïdes	17
Figure 7	Structures de l'acide ascorbique et de l'acide déshydroascorbique	18
Figure 8	Procédé de fabrication des frites industrielles	19
Figure 9	Pelures de pomme de terre avant et après séchage	20
Figure 10	Réaction d'une structure poly phénolique avec le radicale DPPH	25
Figure 11	Taux d'humidité des pelures de pomme de terre	27
Figure 12	Taux de cendres des pelures de pomme de terre	28
Figure 13	Effet du type de solvant sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B) des pelures de pomme de terre	30
Figure 14	Effet de la concentration de l'éthanol sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)	31
Figure 15	Effet du temps sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B) des pelures de pomme de terre	32
Figure 16	Effet de la température sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et de l'activité antioxydante (B) des pelures de pomme de terre	33
Figure 17	Graphiques des valeurs observées en fonction des valeurs prévues pour les teneurs composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)	36
Figure 18	Représentation spatiale des modèles de surfaces de réponses de l'effet de la concentration du solvant et du temps sur l'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)	39
Figure 19	Représentation spatiale des modèles de surfaces de réponses de l'effet de la concentration du solvant et de la température sur l'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)	40
Figure 20	Représentation spatiale des modèles de surfaces de réponses de l'effet de la température et du temps sur l'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)	41

## LISTE DES TABLEAUX

N°	Titres	Pages
<b>Tableau I</b>	Taxonomie de <i>Solanum tuberosum</i>	2
<b>Tableau II</b>	Principaux producteurs de pomme de terre en 2014	4
<b>Tableau III</b>	Principales wilayas productrices de pommes de terre en 2017	5
<b>Tableau IV</b>	Composition chimique de la pomme de terre	6
<b>Tableau V</b>	Composition chimique des pelures de pomme de terre	10
<b>Tableau VI</b>	Utilisations des pelures de pommes de terre dans différents secteurs	12
<b>Tableau VII</b>	Structures de l'acide chlorogénique et de l'acide caféique	14
<b>Tableau VIII</b>	Principales anthocyanines présentes dans la pomme de terre	15
<b>Tableau IX</b>	Combinaisons des paramètres	25
<b>Tableau X</b>	Matrice du modèle de Box-Behnken et les valeurs expérimentales et prédites des trois niveaux des trois facteurs du plan d'expérience des pelures de pomme de terre	35
<b>Tableau XI</b>	Analyse de la variance du modèle et du défaut d'ajustement pour les composés phénoliques	36
<b>Tableau XII</b>	Analyse de la variance du modèle et du défaut d'ajustement pour l'activité antioxydante	37
<b>Tableau XIII</b>	Paramètres des modèles de surfaces de réponses des composés phénoliques et de l'activité antioxydante des pelures de pomme de terre	37

### Introduction

La transformation des aliments représente une des plus grandes et assurément une des plus florissantes industries au monde. Une activité d'une telle ampleur implique la production d'un certain nombre de sous-produits. L'élimination de ces déchets représente à la fois un coût pour l'industriel et un impact négatif sur l'environnement, ils doivent être manipulés de manière appropriée pour éviter tout dommage environnemental (**Schieber, 2001**).

Les antioxydants naturels connaissent un intérêt croissant pour des applications dans les industries agroalimentaire cosmétique et pharmaceutique. En effet, leur utilisation est encouragée car les produits équivalents issus de synthèses chimique ont, à tort ou à raison, mauvaise presse parmi les consommateurs. Il existe donc un besoin de production d'extraits riches en antioxydants à partir de différentes sources végétales y compris à partir de coproduits d'industries agro-alimentaires (**Leandro, 2013**).

Parmi ces industries celle de la pomme de terre où la majeure partie des pertes est représentée par les pelures. Elles sont généralement utilisées pour l'alimentation du bétail ou la production de biocarburants (**Mahgoub et al., 2015**). Ces antioxydants présentent des potentialités de valorisation comme antioxydants naturels pouvant trouver des applications dans divers domaines. L'extraction sélective d'antioxydants à partir de tels coproduits de l'industrie alimentaire pourrait permettre d'obtenir des produits antioxydants de hautes valeurs ajoutées (**Pradal, 2016**).

Les pelures de pommes de terre représentent environ 15 à 40% de la masse totale de la pomme de terre selon la méthode d'épluchage, il s'agit donc d'une quantité assez importante qu'il faut exploiter en vue de sa richesse en antioxydants (**Arapoglou et al., 2009**).

Nous serons ainsi conduits à aborder l'optimisation des conditions d'extraction des antioxydants des pelures de pommes de terre issues d'une industrie agro-alimentaire, pour ce faire, nous aurons recours à la valorisation des pelures de pommes de terre.



Notre réflexion est construite en trois étapes : nous verrons dans un premier temps la synthèse bibliographique, ensuite nous détaillerons le matériel et les méthodes utilisés, puis nous aborderons les discussions et les résultats. Des perspectives que nous jugeons les meilleures au terme de notre étude, viendront clôturer notre travail, suivi d'une conclusion générale. Le but de cette optimisation est d'étudier l'impact de quelques paramètres qui sont l'effet du solvant, l'effet de la concentration du solvant, l'effet du temps et l'effet de la température sur l'extraction des composés phénoliques ainsi que l'activité anti radicalaire.

**PARTIE**  
**BIBLIOGRAPHIQUE**

### 1. Pomme de terre

#### 1.1. Origines et description botanique

##### 1.1.1. Origines

La pomme de terre est originaire de la cordillère des Andes dans le sud-ouest de l'Amérique du Sud où son utilisation remonte à environ 8 000 ans. Introduite en Europe vers la fin du XVI<sup>e</sup> siècle à la suite de la découverte de l'Amérique par les conquistadors espagnols, elle est aujourd'hui cultivée dans plus de 150 pays sous pratiquement toutes les latitudes habitées (**Ugent et al., 1988**).

En Algérie, la pomme de terre a probablement, été introduite une première fois au XVI<sup>e</sup> siècle par les Maures andalous qui ont propagé les autres cultures dans la région : tomate, poivron, maïs, tabac... puis, elle est tombée dans l'oubli n'ayant pas suscité d'intérêt. Dans la deuxième moitié du XIX<sup>e</sup> siècle, les colons vont la cultiver pour leur usage, car les algériens y sont réticents malgré les disettes successives. C'est la dernière grande famine des années 30/40 qui viendra à bout de cette opposition (**Méziane, 1991**).

En 1995, la NASA expérimente pour la première fois la culture de pommes de terre dans l'espace lors d'une mission de la navette spatiale Columbia (**Nasa, 2009**).

L'Organisation des Nations unies a déclaré l'année 2008, l'année de la pomme de terre afin de « renforcer la prise de conscience du rôle clé de la pomme de terre, et de l'agriculture en général » (**FAO, 2008**).

##### 1.1.2. Description botanique

La pomme de terre est un tubercule comestible produit par l'espèce *Solanum tuberosum*, appartenant à la famille des solanacées (**Hawkes, 1990**). (Tableau I)

**Tableau I :** Taxonomie de *Solanum tuberosum* (Bourget, 1998)

Rang taxonomique	Nom latin
Règne végétal	Phanérogames
Classe	Dicotylédones
Ordre	Gamopétales
Famille	Solanacées
Genre	<i>Solanum</i> L.
Espèce	<i>Solanum tuberosum</i> L.

C'est une plante herbacée, tubéreuse à feuilles caduques (elle perd ses feuilles et ses tiges aériennes dans la saison froide), à port dressé, qui peut atteindre un mètre de hauteur, plus ou moins étalé avec l'âge. C'est une vivace grâce à ses tubercules, à condition que le climat leur permettent de survivre à la saison froide, mais qui est cultivée comme une plante annuelle (**Burkart, 1987**).

La pomme de terre est très influencée dans son comportement par les conditions d'environnement : les jours courts et les températures basses induisent la tubérisation, tandis que les jours longs et les températures élevées favorisent la croissance de l'appareil végétatif aérien. La réaction des variétés vis-à-vis de ces conditions diffère selon leur précocité de maturité (**Rousselle, 1992**).

### 1.2. Types et variétés de pommes de terre

Les variétés cultivées de pommes de terre sont très nombreuses, de l'ordre de plusieurs milliers, et adaptées à divers types d'utilisations, alimentation humaine ou transformation industrielle.

La base de données européenne des pommes de terre cultivées (**European Cultivated Potato Database, 2009**) recense 4136 variétés cultivées, parmi elles, Amandine, Red magic, Fabula et Spunta.

- Amandine est une variété qui fait partie des pommes de terre de consommation à chair ferme, à maturité précoce à très précoce, le tubercule est oblong allongé elle est caractérisée par une peau jaune et une chair jaune pâle.
- Red Magic est une variété qui fait partie des pommes de terre de consommation, à maturité précoce, le tubercule est oblong court, elle est caractérisée par une peau rouge et une chair blanche.

- Fabula est une variété qui fait partie des pommes de terre de consommation, à maturité demi-tardive, le tubercule est ovale et très gros, elle est caractérisée par une peau jaune et une chair jaune clair, elle est très légèrement farineuse lors de la cuisson.
- Spunta est une variété qui fait partie des pommes de terre de consommation, à maturité demi-précoce, le tubercule est Oblong allongé, elle est caractérisée par une peau jaune et une chair jaune, elle est légèrement farineuse au cours de la cuisson (**Catalogue de la pomme de terre, 2017**).

On distingue selon le mode de culture et le type d'utilisation finale deux catégories de pommes de terre, la pomme de terre de conservation et la pomme de terre primeur.

### **1.2.1. Pommes de terre primeurs**

Elles arrivent sur les étals au printemps, sont récoltées avant complète maturité et sont vendues dès la récolte jusqu'au 15 août de chaque année. Elles sont inaptes à une longue conservation, ont une peau qui peut être enlevée aisément sans épluchage, ont une forte sensibilité à la lumière et aux altérations : verdissement et brunissement enzymatique, elles ont une forte sensibilité à la chaleur (**Gravoeuille, 1996**).

### **1.2.2. Pommes de terre de conservation**

Elles sont récoltées à maturité, ont un épiderme complètement formé, elles peuvent être stockées après récolte et livrées tout au long de l'année si elles sont conservées au frais et à l'abri de la lumière. Elles sont sensibles à la lumière (verdissement), elles craignent les fortes chaleurs et les froids vifs (**Gravoeuille, 1996**).

## **1.3. Productions mondiale et nationale**

### **1.3.1. Mondiale**

Depuis les années 1990, la production de pommes de terre dans les pays en développement a amorcé une nouvelle phase de croissance. Inférieure à 30 millions de tonnes au début des années 60, elle dépasse 100 millions de tonnes au milieu de cette décennie (tableau II).

Le taux de croissance de la production de pommes de terre a même dépassé celui de nombreuses autres principales cultures vivrières.

En Afrique, la production totale de pommes de terre est de 80%. Les plus grands producteurs du continent africain sont l'Égypte, l'Afrique du Sud, l'Algérie et le Maroc (**FAO, 2014**).

**Tableau II** : Principaux producteurs de pomme de terre en 2014 (FAO, 2014)

Classement	Pays	Production (tonnes)
1	Chine	96136320
2	Inde	46395000
3	Russie	31501354
4	Ukraine	23693350
5	Etats-Unis	20056500
6	Allemagne	11607300
7	Bangladesh	9435150
8	France	8054500
9	Pologne	7689180
10	Pays-Bas	7100258
11	Biélorussie	6279715
12	Egypte	4800000
13	Iran	4742240
14	Pérou	4693209
15	Algérie	4673516

### 1.3.2. Nationale

La production moyenne annuelle en Algérie est de 4,5 millions de tonnes, ce qui place le pays parmi les plus gros producteurs de pomme de terre, selon des estimations du ministère de l'Agriculture qui prévoit, dans ce cadre, une augmentation des récoltes de 2 millions de tonnes d'ici 2019 (**Ministère Algérien de l'Agriculture et du Développement Rural, 2016**) (Tableau III).

Environ 287 tonnes de pommes de terre ont été exportées à partir de Mostaganem vers plusieurs pays Européens. L'opération d'exportation, concrétisée par des opérateurs privés à partir du port de Mostaganem vers l'Espagne, l'Allemagne, la France, et les Pays-Bas, a été favorisée par le surplus enregistré dans la production de pomme de terre hors saison dépassant les 900.000 tonnes, réalisée sur une superficie de 3.623 ha soit un rendement variant entre 230 et 250 quintaux par hectare (**DSA, 2016**).

À la faveur d'une production en pleine croissance, la pomme de terre d'El-Oued commence à sortir des frontières algériennes pour faire son apparition sur des marchés étrangers, notamment en Russie. Pour l'instant, les quantités exportées demeurent minimales mais elles ne cessent d'augmenter. Les exportations de pommes de terre d'El-Oued vers la Russie sont ainsi passées de 50 à 500 tonnes entre 2011 et 2014 (**Ministère Algérien de l'Agriculture et du Développement Rural, 2014**)

**Tableau III : Principales wilayas productrices de pommes de terre en 2017 (MAADR)**

Wilayas	Superficie (ha)	Production (qx)	Rendement (ha/qx)
Tlemcen	6350	2985000	470
Tiaret	4500	2700000	600
Ain Defla	6500	2675000	412
Mascara	9500	2650000	279
Mostaganem	8200	2490000	304
Bouira	3500	2450000	700
El Oued	32200	1790000	56
Guelma	2780	1019000	367
Mila	900	585000	650
Skikda	1470	564500	284
Boumerdes	1300	545000	419
Setif	1700	510000	300
Saida	1500	450000	300
Ouargla	1200	420000	350
Chlef	1320	387600	294
Djelfa	850	382500	450
Tipaza	475	361875	762
Blida	600	336000	560
Sidi Bel Abbas	1000	280000	280
O E Bouaghui	250	155000	620
Souk Ahras	400	140000	350
Msila	300	120000	400
Batna	350	87500	250
El Taref	180	69500	386
Alger	250	37500	150
BB Ariridj	120	36000	300
Tebessa	120	24000	200
Tizi Ouzou	100	22000	220
Constantine	50	15000	300
Bejaia	80	4000	50

### 1.4. Composition chimique

La pomme de terre est un aliment énergétique qui contient environ les trois quarts de son poids en eau, une quantité relativement élevée de glucides, un faible taux de substances azotées et très peu de lipides (Tableau IV).

La pomme de terre présente des niveaux significatifs de vitamine C, réduits à différents degrés par la cuisson, selon la variété et le mode de cuisson. C'est également une source de minéraux (Rousselle *et al.*, 1996).

**Tableau IV** : Composition chimique de la pomme de terre (Talbert et Smith, 1987)

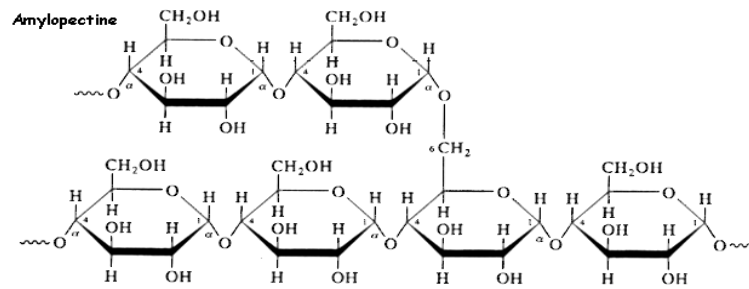
Paramètres	Valeurs moyennes de la matière fraîche
Eau	77,5%
Matière sèche	22,5%
Protides	2,0%
Lipides	0,1%
Glucides	19,4%
Cendres	1,0%
Apport énergétique	80 Cal/100g

#### 1.4.1. Glucides

Les principaux macronutriments contenus dans les pommes de terre sont les glucides, avec une nette prédominance de l'amidon (Figure 1). La qualité de l'amidon de pomme de terre cuit a un impact sur la santé. Parmi les caractéristiques les plus importantes, le rapport amylose : amylopectine et le degré de phosphorylation qui sont susceptibles d'affecter les propriétés physicochimiques, telles que la viscosité de l'amidon (Noda *et al.*, 2007).

Le saccharose étant le principal diholoside, le glucose et le fructose les deux principaux monosides. (Kumar *et al.*, 2004).





**Figure 1** : Structure de l'amidon (Jaspard, 2005)

### 1.4.2. Lipides

Les lipides sont présents en très faibles quantités dans la pomme de terre, ils représentent environ 0,1% du poids frais. La majorité des acides gras présents dans la pomme de terre sont polyinsaturés avec une prédominance de l'acide linoléique et linoléinique représentant respectivement 51 à 60 et 13 à 24% des acides gras totaux (**Galliard, 1973**).

### 1.4.3. Protéines

Bien que la teneur en protéines soit relativement faible, elles constituent environ 8% (4,7% min - 11,2% max) du poids de la matière sèche du tubercule. Plus de 90 % d'entre elles sont hydrosolubles et localisées dans la chair. Les protéines insolubles sont situées dans la peau et dans les membranes cellulaires. On y trouve plusieurs acides aminés essentiels dont la lysine, la méthionine et le tryptophane (**Kapoor et Desborough, 1975**). Les principales protéines sont l'albumine, la globuline, la prolamine et la gluténine, les pommes de terres contiennent également des glycoprotéines (**Lisinska et Leszczynski, 1989**).

### 1.4.4. Minéraux

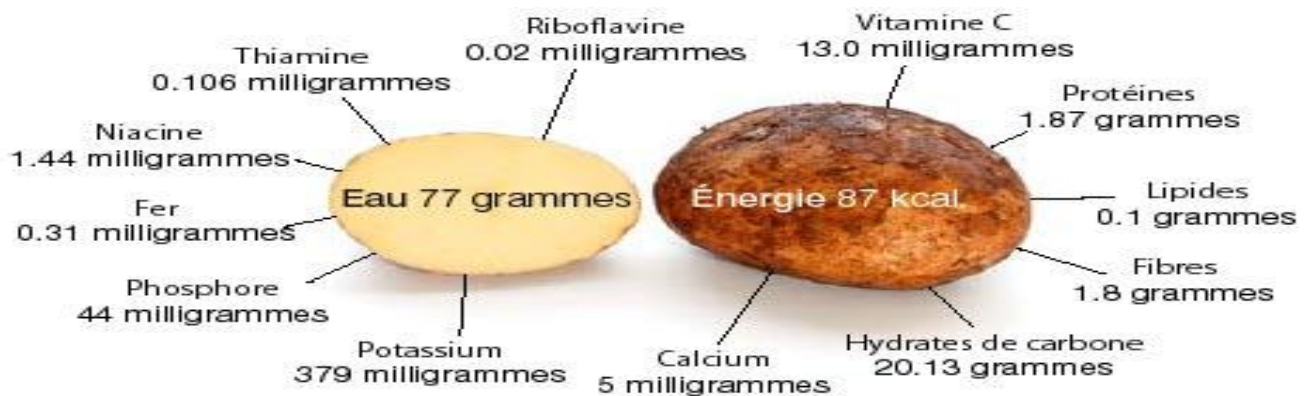
Le potassium est le minéral le plus abondant dans la pomme de terre, avec des concentrations comprises entre 495 et 575 mg/100 g (**Bethke et Jansky, 2008**).

La pomme de terre contient également du phosphore et du magnésium dans des quantités respectives de l'ordre de 42 à 120 mg/100 g et de 16 à 40 mg/100 g (**Palta, 1996**).

### 1.4.5. Vitamines

Les pommes de terre sont une source importante en vitamine C (acide ascorbique), ses teneurs varient de 84 à 145 mg/100g MS, cela dépend des méthodes de semences et de récoltes ainsi que les conditions de stockage (**Donnelly et Kubow, 2011**).

La pomme de terre est une bonne source de vitamines B1, B3 et B6 et elle contient en outre des vitamines B9, B5 et B2 (**FAO, 2008**). La figure ci-dessous illustre les vitamines et les minéraux les plus abondants dans la pomme de terre.



**Figure 2** : Teneurs en vitamines et autres éléments de la pomme de terre (FAO, 2008)

### 1.4.6. Alcaloïdes

Pour se défendre des champignons et insectes, les feuilles, tiges et germes du tubercule contiennent des niveaux élevés d'éléments toxiques appelés glycoalcaloïdes (**FAO, 2008**).

A dose élevée (entre 2 et 5 mg de glycoalcaloïdes total/kg), les glycoalcaloïdes ont un effet toxique sur les bactéries, virus, champignons, insectes, animaux et humains (**Wu et al., 2012**).

Cependant, à plus faible dose, les glycoalcaloïdes présentent des effets bénéfiques tels que des effets antipyrétiques, antiallergiques, anti-inflammatoires, des activités antibiotiques à l'encontre des bactéries pathogènes, de virus, de champignons. Ils montrent également des effets dans la destruction de cellules cancéreuses humaines (**Friedman, 2006**).

### 1.5. Utilisations et transformations des pommes de terre par les industries

Il existe une quarantaine de produits finis élaborés à partir de la pomme de terre, parmi lesquels les frites réfrigérées, les frites précuites et surgelées, les chips et snacks, les produits sous vide, les purées déshydratées, la fécule, ainsi que les féculés modifiée (Tabarly, 2009). Le procédé de fabrication de l'industrie de la pomme de terre est illustré dans la figure ci-dessous.

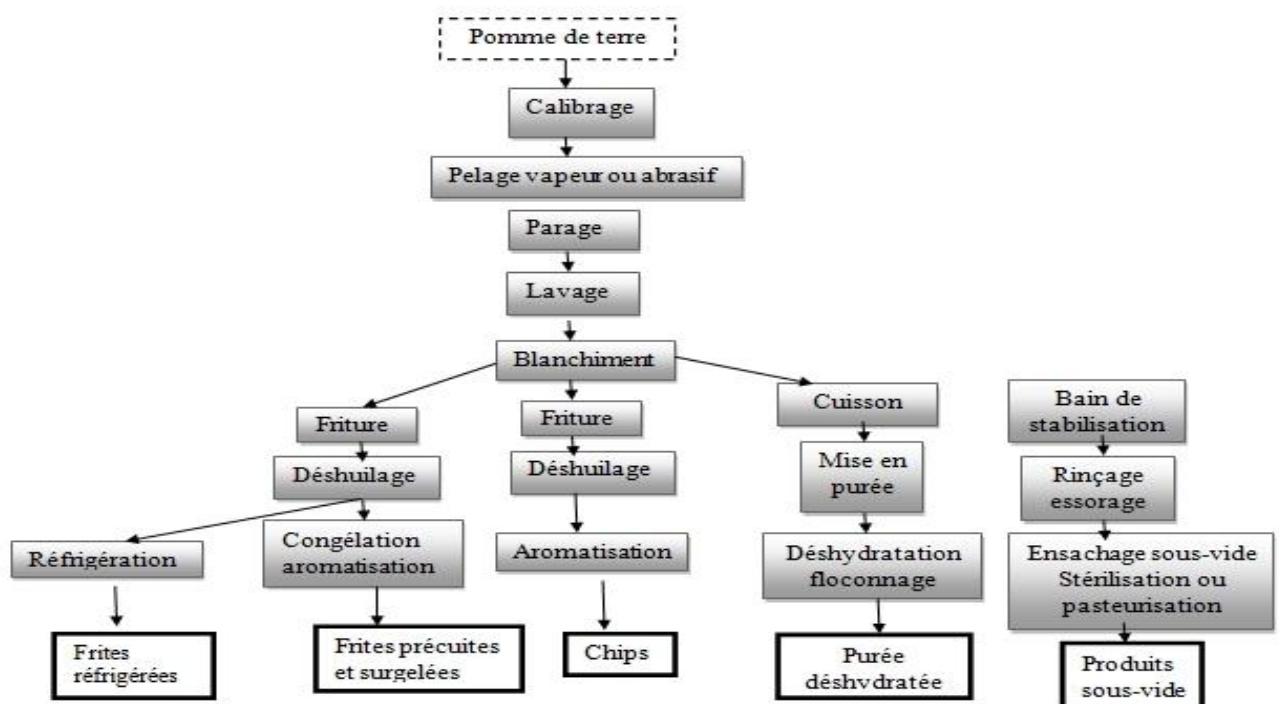


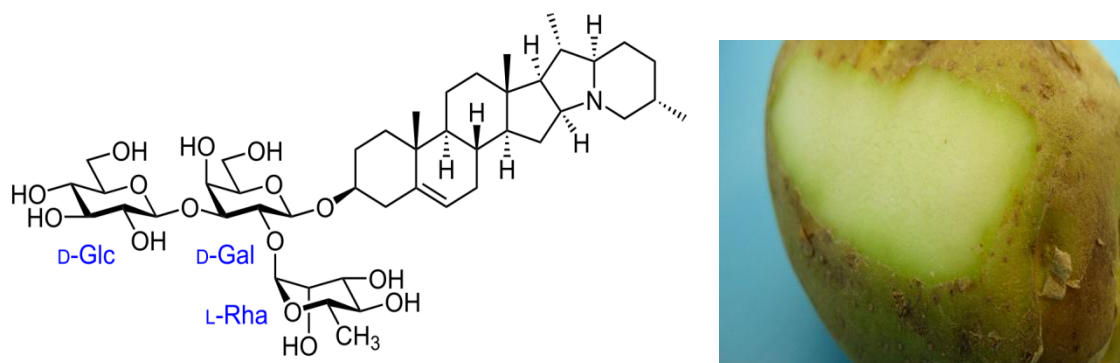
Figure 3 : Procédé de transformation industrielle de la pomme de terre (Tabarly, 2009)

### 1.6. Maladies et toxicité des pommes de terre

Les tubercules peuvent également être sujets à des maladies physiologiques, qui les rendent impropres à la commercialisation. Ces maladies sont induites par des troubles de croissance, liés notamment aux variations climatiques, ou à des conditions de stockage inadaptées (OCDE, 2002).

Les pommes de terre présentant des parties vertes contiennent souvent des concentrations élevées en solanine, celle-ci augmente avec la durée d'exposition et l'intensité de la lumière, c'est pour cela que la pomme de terre doit toujours être conservée à l'obscurité.

Le goût amère de la pomme de terre vient de la solanine qui présente un risque de toxicité élevé, en petite ou en grande quantité elle peut être à l'origine de troubles gastro-intestinaux, pupilles dilatées et fièvre (Brown, 2018) (Figure 4).



**Figure 4 :** Structure et aspect de la solanine sur la pomme de terre (Wikipedia, 2018)

## 2. Pelures de pommes de terre

### 2.1. Composition des pelures

De nombreuses études sur la composition des pelures de pommes de terre ont été menées. Elles sont une source de composés phénoliques, de glycolcalcoïdes, de polysaccharides non amylacés, d'acides gras insaturés (Schieber et Saldana, 2009). Les polyphénols et les glycolcalcoïdes contenus dans les pommes de terre ont une concentration plus importante dans la peau que dans la chair (Wu *et al.*, 2012).

Les pelures contiennent une quantité très élevée en eau, elles sont une source intéressante en glucides. Une quantité élevée en amidon. La teneur en lipides, sucres solubles et en matière azotées reste faible (Tableau V).

**Tableau V :** Composition chimique des pelures de pomme de terre (Arapoglou *et al.*, 2009)

Composition	Concentration (%)
Humidité	85,1
Protéines	2,3
Lipides	0,1
Glucides	12,4
Amidon	7,8
Fibres	2,5

### 2.2. Impact sur la santé

Certaines études menées sur des rats de laboratoires ont démontrées l'effet bénéfique de l'administration des pelures de pomme de terre dans leur régime alimentaire. Une réduction de 40% de la teneur en cholestérol plasmatique et 30% du taux de cholestérol gras hépatique a été observée par rapport aux animaux nourris seulement avec de la nourriture complémentée en cellulose (**Lazarov et Werman, 1996**).

Non des moindres, un autre aspect était perçu par leur utilisation comme source de composés antimicrobiens naturels contre différents types de bactéries et de champignons. Les résultats d'une étude ont montré que l'activité antimicrobienne et antifongique des pelures sont indépendantes des espèces. En comparaison à un antibiotique (la streptocycline), les pelures de pommes de terre ont eu un effet significatif contre *Pseudomonas aeruginosa* et *Clavibacter michigenensis* (**Prasad et Pushpa, 2007**).

### 2.3. Utilisation des pelures dans les industries agro-alimentaires

Les pelures de pomme de terre ont été étudiées comme aliments pour les porcs (**Natu et al., 1991**). Cependant, les pelures de pomme de terre ne convenaient pas, sans autres traitements, à l'alimentation des non-ruminants car elles étaient trop fibreuses pour être digérées (**Birch et al., 1981**).

D'autre part, les pelures de pomme de terre ont été utilisées avec succès dans l'alimentation des animaux poly gastriques (**Jurjanz et al., 1998**).

Les pelures ont également su se démarquer dans l'industrie boulangère, en étant une source prometteuse de fibres alimentaires (**Camire et al., 1995**) (Tableau VI).

**Tableau VI : Utilisations des pelures de pommes de terre dans différents secteurs**

Etudes	Résultats	Références
L'utilisation de fibres de PP brutes dans la fabrication du pain	Les PP ont causé une odeur de moût dans le pain, mais l'extrusion des pelures a diminué cet arôme du produit fini	<b>Orr, 1982</b>
La production de muffins et de cookies à base de pelures de pommes de terre	Les muffins avec 25% de PP étaient plus foncés, et plus résistants à la compression. De même, les cookies avec 10 et 15% de PP étaient plus foncés, plus durs et de plus petit diamètre que les cookies témoins	<b>Arora, 1994</b>
L'utilisation de PP comme milieu agro-industriel à faible coût dans la production d'enzymes d'alpha-amylase, protéases alcalines et de plusieurs enzymes hydrolytiques extracellulaires	Rendement élevé et activité élevée des enzymes produites	<b>Mukherjee, 2008</b>
Des extraits de PP ont été proposés comme antioxydants potentiels possibles dans les systèmes alimentaires	La teneur de l'extrait en PP était supérieure à celle du BHT (conservateur artificiel), dans la prévention des détériorations liées au rancissement de l'huile chauffée	<b>Onyeneho, 1993</b>
L'utilisation des PP en tant que source sûre d'antioxydants naturels dans les aliments	L'extrait lyophilisé des PP n'était pas mutagène lorsqu'il a été testé sur des bactéries	<b>Rodriguez De Sotillo, 1998</b>

<p>La potentialité des extraits de PP pour agir comme antioxydants dans les systèmes biologiques</p>	<p>1. L'activité inhibitrice de la peroxydation lipidique dans l'homogénéisation hépatique des rats induite par le système FeCl<sub>2</sub> – H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La concentration en eau contenue dans les PP présentait une forte inhibition de l'oxydation du désoxyribose (ADN).</p> <p>2. Les PP influençaient à la fois l'indice glycémique et le statut antioxydant des rats Wistar mâles diabétiques induits par le streptozotocine (STZ), ce qui a réduit significativement l'hypertrophie du foie et des reins et a normalisé les activités du sérum alanineaminotransferase (Alt) et aspartateaminotransferase (AST).</p> <p>3. L'extrait de PP comme protecteur significatif des protéines des membranes des érythrocytes humains, des dommages oxydatifs en agissant en tant qu'un puissant antioxydant.</p>	<p><b>Singh, 2004</b></p>
--	---	---------------------------

### 3. Antioxydants des pelures

#### 3.1. Définition des antioxydants

Les antioxydants sont toutes substances qui, présentes à faible concentration par rapport à celle du substrat oxydable, retardent ou inhibent significativement l'oxydation de ce substrat, et dont les produits de la réaction entre l'oxydant et l'antioxydant ne doivent pas être toxiques et ne doivent pas induire une réaction radicalaire (**Boumaza, 2009**). Ils sont en revanche une cible privilégiée pour améliorer les effets thérapeutiques à différents stades pathologiques (**Boubacar, 2005**).

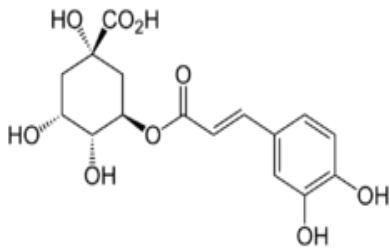
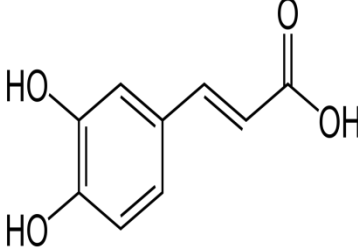
#### 3.2. Composés phénoliques

Les polyphénols sont des molécules synthétisées par les végétaux lors du métabolisme secondaire pour se défendre contre les agressions environnementales. Ils sont localisés dans différentes parties des plantes selon l'espèce végétale et le groupe polyphénolique considéré (**Bamforth, 2000**).

Les composés phénoliques peuvent être regroupés en une dizaine de classes, qui se différencient d'abord par la complexité du squelette de base (allant d'un simple C6 à des formes très polymérisées), ensuite par le degré de modifications de ce squelette (degré d'oxydation, d'hydroxylation, de méthylation ...), enfin par les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autres molécules (glucides, lipides, protéines, autres métabolites secondaires pouvant être ou non des composés phénoliques) (**Macheix et al., 2005**). Ces espèces sont des monomères, des polymères ou des complexes (**Crozier, 2006**).

L'acide phénolique prédominant dans la pomme de terre est l'acide chlorogénique (82 mg/100g) et ses isomères, l'acide caféique (1,62 mg/100g), quinique et la L-Tyrosine sont présents en quantités plus faibles (**André et al., 2007**) (Tableau VII).

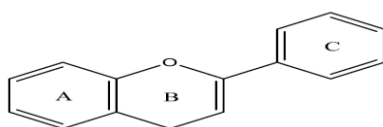
**Tableau VII** : Structures de l'acide chlorogénique et de l'acide caféique (Wikipédia, 2018).

Acide chlorogénique	Acide caféique
	



### 3.3. Flavonoïdes

Du latin flavus, jaune, sont des substances généralement colorées très répandues chez les végétaux, on les trouve dissoutes dans les vacuoles à l'état d'hétérosides ou comme constituant des plastes particuliers, les chromoplastes (Wilson, 1987). Leur biosynthèse s'effectue à partir d'un acide aminé, la phénylalanine (Morreel *et al.*, 2006). Les flavonoïdes possèdent un squelette de base de quinze atomes de carbones constitué de deux unités aromatiques en C6 (A et C) relié par une chaîne en C3 (Bruneton, 1999) (Figure 5).



**Figure 5:** Structure de base d'un flavonoïde (Bessaoud, 2015)

Selon leurs structures moléculaires, les flavonoïdes peuvent se diviser en différentes classes : flavanones, flavones, flavonols, flavanols, flavanes, isoflavones, chalcones, neoflavonoïdes et anthocyanines (Medic-Saric *et al.*, 2004). Parmi les flavonoïdes susceptibles d'être présents dans la pomme de terre, les anthocyanines. Ces dernières sont retrouvées dans les pommes de terre à chair rouge (Pélargonidine, Péonidine) ou violacée (Malvidine, Pétunidine) et peuvent jouer un rôle important dans la prévention du cancer de l'estomac (Hayachi *et al.*, 2006) (Tableau VIII).

**Tableau VIII :** Principales anthocyanines présentes dans la pomme de terre (Wikipedia, 2018)

Malvidine	Pétunidine	Pélargonidine	Péonidine

### 3.4. Caroténoïdes

Les caroténoïdes sont un autre ensemble de composés phytochimiques trouvés en abondance dans les fruits et les légumes. Ce sont des composés hydrophobes à structure hydrocarbonée de quarante atomes de carbone.

Les caroténoïdes comme les polyphénols présentent une activité protectrice contre les dommages oxydatifs augmentant la détoxification métabolique et inhibant l'initiation du cancer (**Khachik, 1995**). Ils jouent un rôle dans la prévention de maladies dégénératives telles que la cataracte, l'athérosclérose (**Fraser et Bramley, 2004**). Ces composés ont une structure poly énique qui leur permet d'absorber la lumière et d'intercepter les radicaux libres (**Britton, 1995**).

Ils sont divisés en deux classes : les carotènes contenant seulement les atomes de carbone et d'hydrogène ( $\alpha$  et  $\beta$ -carotène) et les xanthophylles (lutéine, zéaxanthine) qui portent au moins un atome d'oxygène (**Kiokias et Gordod, 2004**) (Figure 6).

La concentration en caroténoïdes des pommes de terre est proportionnelle à la couleur de la chaire. La zéaxanthine et la lutéine sont présentes en concentrations assez importantes dans la pomme de terre, elles ont un rôle intéressant contre la dégénérescence maculaire, c'est une caractéristique importante car les sources alimentaires en zéaxanthine sont faibles (**Hartmann et Buning-Pfaue, 1998**).

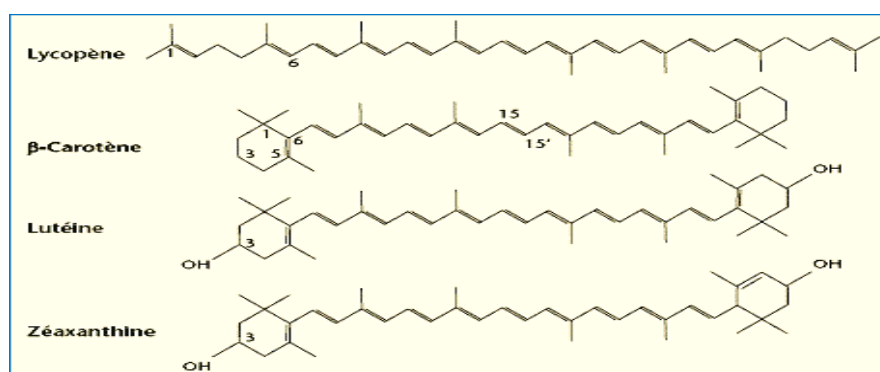


Figure 6 : Structures de quelques caroténoïdes (Degrou, 2013)

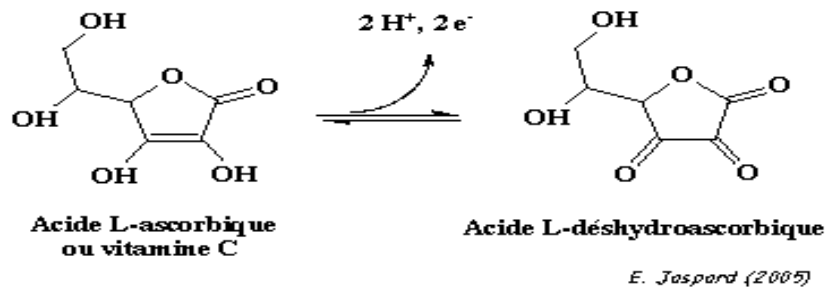
### 3.5. Acide ascorbique

La vitamine C est une molécule hydrosoluble, apportée par notre alimentation essentiellement les fruits car elle n'est pas synthétisée par notre organisme (**Iqbal et al., 2005**).

Chimiquement, elle a une structure apparentée à celle des hexoses. Elle est constituée d'un cycle lactone portant une fonction ène-diol et deux fonctions alcool.

Elle existe sous forme réduite l'acide ascorbique et sous forme oxydée l'acide déshydroascorbique(Figure7).

L'effet antioxydant de l'acide ascorbique peut être direct par inhibition des radicaux libres ou indirecte par régénération des tocophérols (vitamine E) (Chepda *et al.*, 1999).



**Figure 7 :** Structures de l'acide ascorbique et de l'acide déshydroascorbique (Jaspard, 2005)

# PARTIE EXPERIMENTALE

## I. Matériel et méthodes

### 1. Echantillonnage et préparation des échantillons

Dans la présente étude les pelures de pomme de terre sont représentées comme étant la matière végétale exploitée pour être utilisée comme échantillon. Elles ont été récupérées depuis une petite usine située à Dar Djbel, spécialisée dans la transformation des pommes de terre Spunta et Fabula, en forme faitière (frites fraîches crues) et en pommes boulangères.

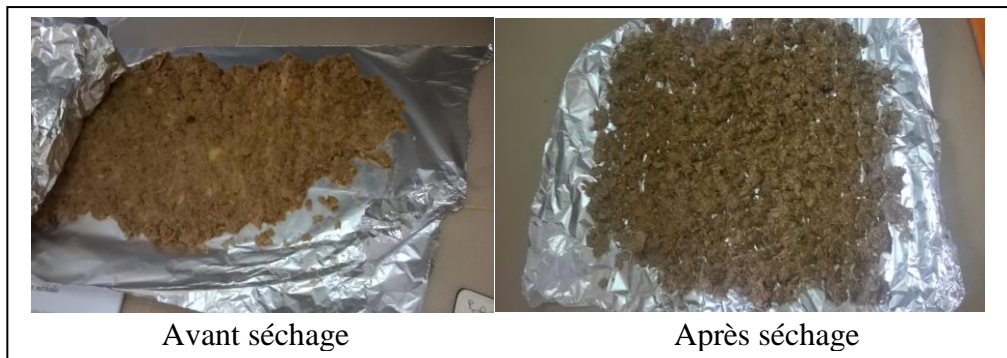
A leur arrivée, les pommes de terre sont disposées sur un tapis roulant et sont ensuite introduites dans un éplucheur automatique qui va séparer les pelures des pommes de terre. Ces pelures sont rejetées de l'appareil et récupérées dans un filet. Les tubercules préalablement lavés durant l'épluchage sont coupés soit en frites au moyen de coupes-canon soit à l'aide de coupe rotative pour l'obtention de pommes boulangères.

Les produits issus du découpage sont ensuite emballés en sachet aseptique, pesés et soumis à un vide. L'emballage est revêtu de code requis afin de permettre une traçabilité infailible. Enfin ces derniers sont distribués au niveau des centres de restaurations rapides, leur durée de conservation est de 6 jours. Le procédé est présenté dans la figure ci-dessous.



**Figure 8 :** Procédé de fabrication des frites industrielles

Les pelures sont dispersées sur une plaque d'aluminium à l'air libre et à l'abri de la lumière. Environ 1,5 kg de pelures sont séchés dans une étuve à 40°C pendant 24h.



**Figure 9 :** Pelures de pomme de terre avant et après séchage

Une fois les pelures séchées, elles subissent un broyage à l'aide d'un broyeur électrique. La poudre issue du broyage est récupérée et est stockée dans des bocaux opaques fermés à l'abri de la lumière.

### 1.1. Propriétés physico-chimiques

#### 1.1.1. Taux d'humidité

La détermination du taux d'humidité est faite à partir des pelures de pommes de terre fraîches. 4g de l'échantillon sont mis dans des creusets en porcelaine résistants à la chaleur et sont séchées dans une étuve à 105°C pendant 24h jusqu'à stabilisation du poids (**Lako et al., 2007**). Les résultats sont exprimés en pourcentage selon la formule suivante :

$$\text{Taux d'humidité (\%)} = \left( \frac{P1-P2}{P1-P0} \right) \times 100$$

Où :

P0 : poids du creuset vide (g)

P1 : poids du creuset contenant l'échantillon avant séchage (g)

P2 : poids du creuset contenant l'échantillon après séchage (g).

### 1.1.2. Taux de cendres

La teneur en cendres est évaluée selon la méthode décrite par **Leterme *et al.* (2006)**. Après obtention d'un poids constant, les échantillons étuvés à 105°C sont introduits dans un four à moufle à 500°C pendant 4h, ces creusets sont ensuite pesés. Le calcul du taux de cendres se fait selon la formule suivante :

$$\textit{Teneur en cendres}(\%) = \frac{(P2-P0)}{P1} \times 100$$

Où :

P0 : poids des creusets vides avant l'incinération

P1 : prise d'essai

P2 : poids des creusets avec l'échantillon après l'incinération.

### 1.1.3. Dosage des sucres

Le principe du dosage des sucres totaux repose sur la réaction suivante : l'acide sulfurique concentré (95%) provoque, à chaud, le départ de plusieurs molécules d'eau à partir des oses. Cette déshydratation s'accompagne par la formation d'un hydroxy-méthylfurfural (HMF) dans le cas d'hexose et d'un furfural dans le cas d'un pentose. Ces composés se condensent avec le phénol pour donner des complexes colorés (jaune-orangé). L'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des oses (**Dubois *et al.*, 1956**).

La détermination de la teneur en sucres est réalisée à l'aide d'un solvant d'extraction. Une quantité de 1g de poudre de pelures est mélangée avec 15 ml de l'éthanol 80%, ensuite le mélange est incubé à 95°C pendant 15 min au bain-marie, puis il subit une centrifugation à 5000 tpm pendant 10 min où le surnagent est récupéré (**Kader *et al.*, 1993**).

Selon la méthode de **Dubois *et al.* (1956)** un volume de 0,5 ml de surnagent est mélangé avec 0,5 ml de phénol et 1,5 ml d'acide sulfurique. Après incubation à 105°C pendant 5 min, l'absorbance est mesurée à 490 nm. Les résultats sont exprimés en g équivalent glucose par 100g de matière sèche en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec du glucose (**Annexe, figure 1**).

### 2. Dosage des composés bioactifs des pelures de pomme de terre

#### 2.1. Flavonoïdes

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre susceptible de donner en présence du chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre, par chélation de l'ion aluminium ( $Al^{3+}$ ), dont sa concentration est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (**Djeridane *et al.*, 2006**).

Le dosage des flavonoïdes a été effectué selon la méthode de **Khennouf *et al.* (2010)** 1ml d'extrait est mélangé avec 1 ml de solution de chlorure d'aluminium  $AlCl_3$  (2%), le mélange subit une agitation puis une incubation de 10 min à température ambiante et à l'obscurité, l'absorbance est mesurée à 430 nm. La quantité de flavonoïdes est calculée en mg équivalent quercétine par 100 g d'échantillon (mg EQ /100 g MS), à partir de la courbe standard préparée avec la quercétine (**Annexe, figure 2**).

#### 2.2. Acide ascorbique

Le réactif Dichlorophénol Indo Phénol (DCPIP) de couleur bleu, vire au rose en milieu acide et en présence de l'acide ascorbique et devient incolore lors de la réduction de l'acide ascorbiques(**Ball, 1997**).

L'acide ascorbique est extrait à partir de 2g d'échantillon frais de pelures par 20 ml d'acide oxalique (1%) avec agitation durant 30 mn à l'obscurité. Après centrifugation à 5000 tpm durant 10 min, un volume de solution de DCPIP (2,6-dichloro-indophénol, 15 ppm) est mélangé avec 300  $\mu$ L de surnagent, l'absorbance est déterminée à 515 nm après 15 secondes (**Klein et Perry, 1982**). Les concentrations en acide ascorbique sont déterminées en se référant à une courbe d'étalonnage (**Annexe, Figure 3**) et les résultats sont exprimés en mg/100g de MF.

#### 2.3. Caroténoïdes

L'extraction des caroténoïdes est réalisée selon la méthode de **Soto-Zamora *et al.* (2005)** 5 g de poudre sont écrasés par un pilon dans un mortier, 20 ml de solvant d'extraction sont additionnés (hexane/acétone/éthanol 2,1,1). Le solvant est récupéré dans une ampoule à décanter, après agitation, on laisse le mélange se décanter et lors de la séparation des deux phases, la phase hexanique supérieure est récupérée et conservée à l'abri de la lumière. L'opération est répétée jusqu'à l'épuisement total de la couleur des échantillons.

La teneur en caroténoïdes est déterminée par la mesure de l'absorbance de la phase hexanique à 450 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent de  $\beta$ -carotène/100 g MS en se référant à une courbe d'étalonnage (**Annexe, Figure 4**).



### 3. Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante

#### 3.1. Méthode séquentielle

La méthode séquentielle a pour principe de faire varier un facteur et de fixer les autres. Quatre paramètres sont étudiés, en commençant par le choix du solvant (eau, méthanol, éthanol et acétone) ensuite sa concentration (0%, 25%, 50%, 75% et 100%), puis le temps (0mn, 15mn, 30mn, 45mn et 60mn) et enfin la température d'extraction (20°C, 30°C, 40°C, 50°C et 60°C).

##### 3.1.1. Préparation des extraits

Une prise d'essai de 5 g des pelures broyées est mise en contact avec les solvants d'extraction qui sont l'eau, le méthanol, l'éthanol et l'acétone. Après fixation d'un temps et une température standards, les extraits subissent une agitation magnétique pendant 30 min à température ambiante et à l'abri de la lumière. Le mélange est filtré puis les filtrats sont conservés au réfrigérateur.

##### ➤ Effet du solvant

Type de solvant	Eau	Acétone	Ethanol	Méthanol
Temps	30 minutes			
Température	Température ambiante			

##### ➤ Effet de la concentration

Concentration du solvant	0 %	25 %	50 %	75 %	100 %
Type de solvant	Solvant adéquat pour l'extraction				
Temps	30 minutes				
Température	Température ambiante				

##### ➤ Effet du temps

Temps	0 mn	15 mn	30 mn	45 mn	60 mn
Type de solvant	Solvant adéquat pour l'extraction				
Température	Température ambiante				

## ➤ Effet de la température

<b>Température</b>	<b>20°C</b>	<b>30°C</b>	<b>40°C</b>	<b>50°C</b>	<b>60°C</b>
<b>Type de solvant</b>	<b>Solvant adéquat pour l'extraction</b>				
<b>Temps</b>	<b>Temps adéquat pour l'extraction</b>				

**3.1.2. Dosage des composés phénoliques**

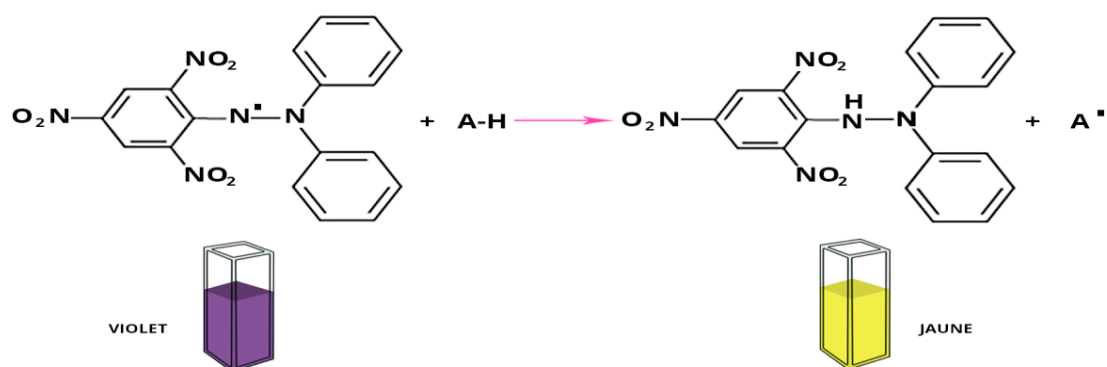
Le dosage des composés phénoliques se fait en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu qui en milieu basique et en présence des composés phénoliques se réduit en bleu de tungstène (W8 O23) et de molybdène (MO8 O23) lors de l'oxydation des polyphénols. La couleur bleue est proportionnelle à la teneur en polyphénols (**George *et al.*, 2005**).

Le dosage des polyphénols est réalisé selon la méthode de **Iqbal et Bhanger. (2006)** 200 µL d'extrait sont mélangés avec 750 µl de réactif de Folin-Ciocalteu (1/10) et 750 µl de carbonate de sodium (7%) sont ajoutés. Après incubation pendant 1 heure l'absorbance est mesurée à 720 nm.

La concentration en composés phénoliques des extraits est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage obtenue avec l'acide gallique (**Annexe, figure 5**) et les résultats sont exprimés en mg équivalent d'acide gallique par 100 g d'échantillon (mg EAG /100 g MS).

**3.1.3. Mesure de l'activité anti-radical DPPH**

Le DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical obtenu sans aucune préparation préalable. Il est piégé par les composés antioxydants via un processus de transfert d'hydrogène générant le composé réduit DPPH-H et comme étant chromogène de nature, la solution vire du violet au jaune (Figure 10). Cette transformation est proportionnelle à la concentration et à l'efficacité de l'antioxydant qui est facilement quantifiable par mesure de l'absorbance à 517 nm (**Popovici *et al.*, 2009**).



**Figure 10 :** Réaction d'un antioxydant (A-H) avec le radicale DPPH

Le dosage s'effectue par un mélange de 100  $\mu\text{l}$  d'extrait et 900  $\mu\text{l}$  de DPPH (0,025 g/L) selon **Jakobek *et al.* (2007)**. La lecture de l'absorbance est effectuée à 517 nm après une incubation à l'obscurité pendant 30 min à température ambiante.

La préparation du témoin s'effectue dans les mêmes conditions citées précédemment, où l'extrait est remplacé par le solvant d'extraction, le méthanol. L'activité anti radicalaire de chaque échantillon est déduite en se référant à la courbe d'étalonnage (**Annexe, figure 6**).

### 3.2. Méthode de surfaces de réponses

En s'appuyant sur la première étude d'optimisation, trois paramètres quantitatifs d'influences significatives sur l'extraction des composés phénoliques et sur l'activité antioxydante sont sélectionnés : la concentration de l'éthanol, la température et le temps d'extraction. Pour chaque paramètre, trois niveaux sont fixés : le niveau bas (-1), le niveau élevé (+1), et intermédiaire (0).

Les composés phénoliques sont extraits à partir de 1g de pelures de pomme de terre auquel sont ajoutés 30 ml de solvant d'extraction (éthanol 40, 70 et 100%), puis le mélange est mis sous agitation à différentes températures (30, 50 et 70°C) et à différents temps (10, 35 et 60 min). Les combinaisons sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau IX : Combinaisons des paramètres

Essai	Concentrations	Temps	Températures
1	70 (0)	60 (+1)	70 (+1)
2	70 (0)	10 (-1)	70 (+1)
3	40 (-1)	35 (0)	70 (+1)
4	100 (+1)	35 (0)	30 (-1)
5	70 (0)	35 (0)	50 (0)
6	100 (+1)	60 (+1)	50 (0)
7	70 (0)	10 (-1)	30 (-1)
8	70 (0)	60 (+1)	30 (-1)
9	100 (+1)	10 (-1)	50 (-1)
10	100 (+1)	60 (+1)	70 (+1)
11	40 (-1)	10 (-1)	50 (0)
12	70 (0)	35 (0)	50 (0)
13	70 (0)	35 (0)	50 (0)
14	40 (-1)	35 (0)	30 (-1)
15	40 (-1)	60 (+1)	50 (0)

#### 4. Analyses statistiques

L'étude statistique est faite par l'analyse de la variance (ANOVA) en utilisant le logiciel (STATISTICA 5.5), afin de comparer les résultats et de mettre en évidence les différences significatives entre les échantillons.

Le logiciel JMP 10 (SAS, Statistical Analysis System Inc.) est utilisé pour l'analyse des résultats et la génération des graphiques de l'optimisation de l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante suivant la méthodologie des surfaces de réponses.

Les autres présentations graphiques sont réalisées à l'aide de Microsoft Office Excel.

# RESULTATS ET DISCUSSIONS

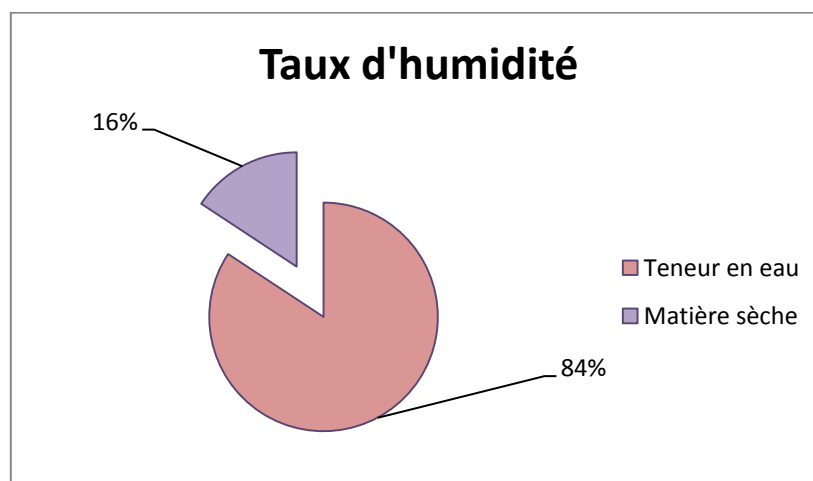
## II. Résultats et discussion

### 1. Propriétés physico-chimiques

#### 1.1. Taux d'humidité

L'humidité et la matière sèche sont deux paramètres complémentaires importants pour les denrées alimentaires. Le taux d'humidité est un paramètre essentiel pour la conservation des aliments, en effet, un taux élevé en eau induit une altération rapide des produits alimentaires suite aux réactions chimiques et enzymatiques et développement microbien (**Ribereau-Gayon, 1968**).

D'après les résultats obtenus, la teneur en eau des pelures de pomme de terre (Figure 11) est de 84,27%. Ce qui s'accorde avec le travail de **Arapoglou et al. (2010)** qui ont obtenu un pourcentage de 85%.

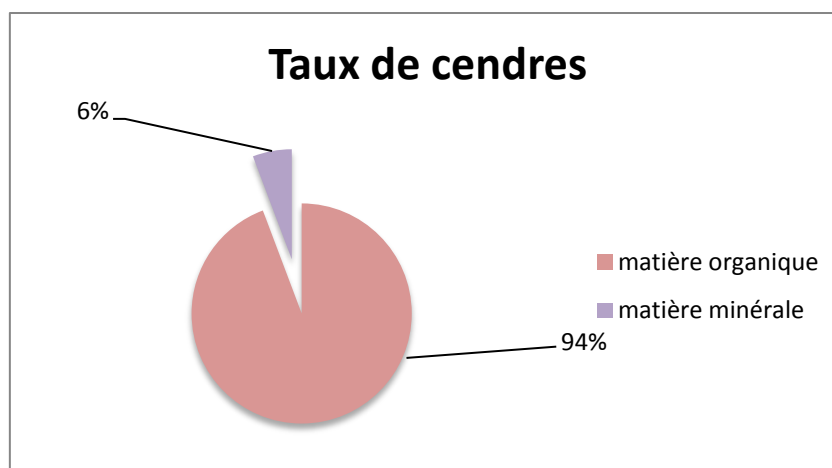


**Figure 11** : Taux d'humidité des pelures de pommes de terre

#### 1.2. Détermination du taux de cendres

La teneur en cendre est définie comme étant le résidu de l'échantillon après incinération de la matière organique (**Audigie et Dupont, 1992**). Elle renseigne sur la teneur en minéraux du produit analysé.

La teneur en cendres de pelures de pomme de terre obtenue est de 5,75% (Figure 12). Ce résultat est semblable à celui trouvé par **Amado et al. (2014)** qui est de 5,46%.



**Figure 12 :** Taux de cendres des pelures de pommes de terre (base sèche)

### 1.3. Teneur en sucres

La valeur moyenne de la teneur en sucres des pelures de pommes de terre est de  $9 \pm 0,53$  g EG/100g MS.

L'étude de **Mahmood *et al.* (1998)** est basée sur l'analyse et l'utilisation de *Bacillus* comme substrat pour la production d'enzymes extracellulaires à partir d'extraits de pelures d'oranges et de pommes de terre. Les résultats obtenus pour le dosage des sucres solubles sont de 1,40 g/100g MS après dégradation de l'amidon.

La teneur en sucres contenue dans les pelures de pomme de terre est majoritairement représentée par l'amidon. Lors du dosage, les sucres subissent des réactions qui induisent une hydrolyse des polysaccharides (Amylopectine) en disaccharides (Saccharose) et monosaccharides (Glucose, Fructose), entraînant aussi la formation de molécules indésirables : HMF, réaction de Maillard.

## 2. Teneurs en composés bioactifs

### 2.1. Flavonoïdes

La moyenne des résultats obtenus au cours de cette présente étude est de  $1,07 \pm 0,09$  mg EQ/100g MS.

**Lewis *et al.* (1998)** ont déterminés dans leurs travaux les concentrations des flavonoïdes dans différentes parties de la pomme de terre, dont les pelures. Leur étude s'est faite sur plusieurs variétés de pommes de terre, les teneurs en flavonoïdes obtenues vont de 100 à 1094  $\mu\text{g}/100\text{g}$  de MF.

**Friedman *et al.* (2017)** ont travaillé sur la teneur en glycoalcaloïdes, en composés phénoliques, en flavonoïdes et les activités antioxydantes des pelures de pommes de terre

rouges, rousses et dorées. Les teneurs en flavonoïdes obtenues varient de 7,8 à 29,7 µg/mg MS selon la variété.

L'écart trouvé entre les résultats obtenus est tout à fait justifié. En effet les variétés de pommes de terre ainsi que l'origine des échantillons et la période de récolte régissent ces variations (**Ranalli *et al.*, 2006**).

### **2.2. Acide ascorbique**

Les teneurs en acide ascorbique constatées dans les pelures de pomme de terre montrent une moyenne de  $2,4 \pm 0,51$  mg EqAA/100g MF.

**Ramandeep *et al.* (2005)** ont travaillé sur les principaux antioxydants des différentes fractions de la tomate, notamment des pelures, les teneurs en acides ascorbiques ont donné des valeurs de 16,4 mg/100g MF.

D'autres facteurs indiquent également que l'acide ascorbique contenu dans la pomme de terre est influencé par les conditions de récoltes (sol, climat, génotype), de stockages et de contaminations par les microorganismes. Toutes ces conditions favorisent la dégradation de l'acide ascorbique qui est catalysé par l'oxygène, le pH et les traces de certains métaux tels que le Fer et le Cuivre (**Kawakami *et al.*, 2000**).

### **2.3. Caroténoïdes**

L'étude statistique a révélé que la teneur en caroténoïdes des pelures de pomme de terre est de  $2,4 \pm 0,01$  mg E $\beta$ C/100g MS.

**Campbell *et al.* (2010)** ont trouvé que la concentration en caroténoïdes dans les pelures de pommes de terre était de 28 mg/kg MS.

Leurs résultats concordent approximativement avec nos valeurs, ces faibles concentrations peuvent s'expliquer par l'effet de plusieurs facteurs dont la variété des pommes de terre, la localisation géographique, les conditions climatiques mais aussi par les types de caroténoïdes pré dominant dans la composition de chaque variété de la pomme de terre.

## **3. Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante par la méthode séquentielle**

### **3.1. Effet du type de solvant**

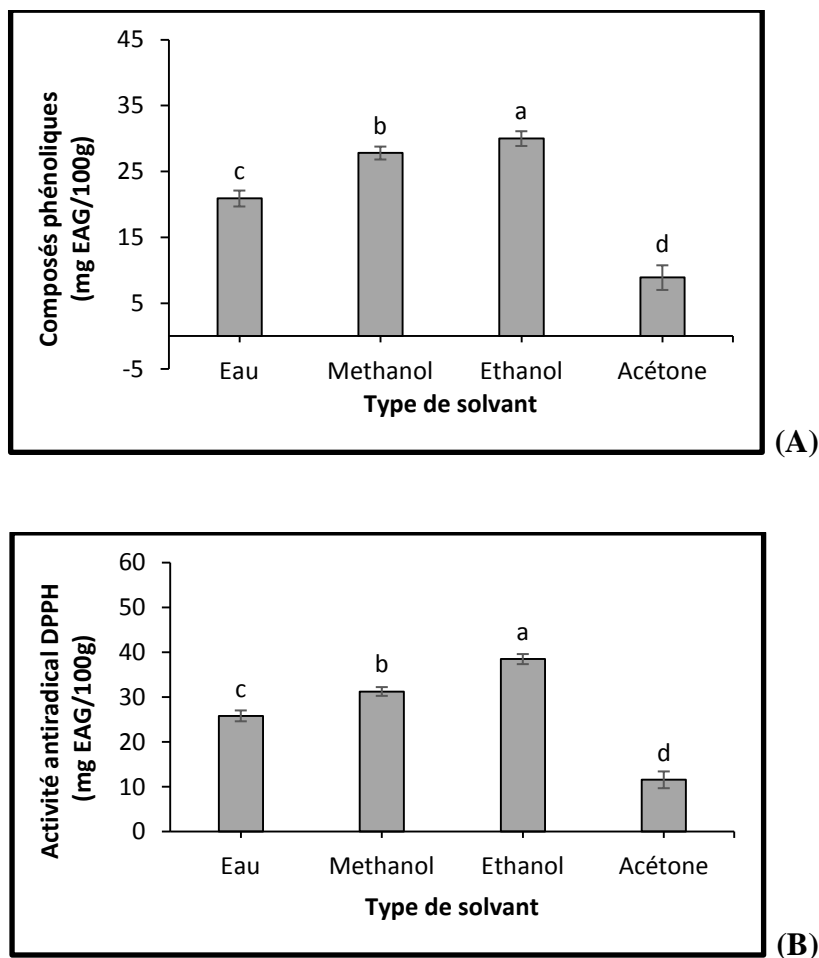
Les aspects élémentaires dans le choix d'un solvant d'extraction sont la solubilité et la diffusivité des composés ciblés dans le solvant d'extraction. Ainsi, la nature du solvant est très importante pour pouvoir extraire les molécules d'intérêt et il doit posséder une grande capacité de dissolution des substances sans toutefois les altérer. Une faible viscosité du



solvant favorise sa pénétration dans la matrice solide ainsi que le transfert de matière au sein de la phase liquide (Watson, 2014).

L'extraction par l'éthanol a permis d'obtenir la teneur la plus élevée en composés phénoliques ( $30 \pm 1,12$  mg EAG/ 100g), suivi de l'extraction par le méthanol ( $27,80 \pm 0,98$  mg EAG/ 100g), puis par l'eau ( $20,90 \pm 1,21$  mg EAG/ 100g) et enfin par l'acétone ( $8,89 \pm 1,87$  mg EAG/ 100g MS) (Figure 13.A).

De même les meilleures activités antioxydantes sont observés chez les pelures extraites par l'éthanol ( $38,46 \pm 0,60$  mg EAG/ 100g), ensuite par le méthanol ( $31,24 \pm 0,70$  mg EAG/100g), puis l'eau ( $25,81 \pm 0,56$  mg EAG/100g), et enfin par l'acétone ( $11,55 \pm 0,83$  mg EAG/100g) (Figure 13.B).

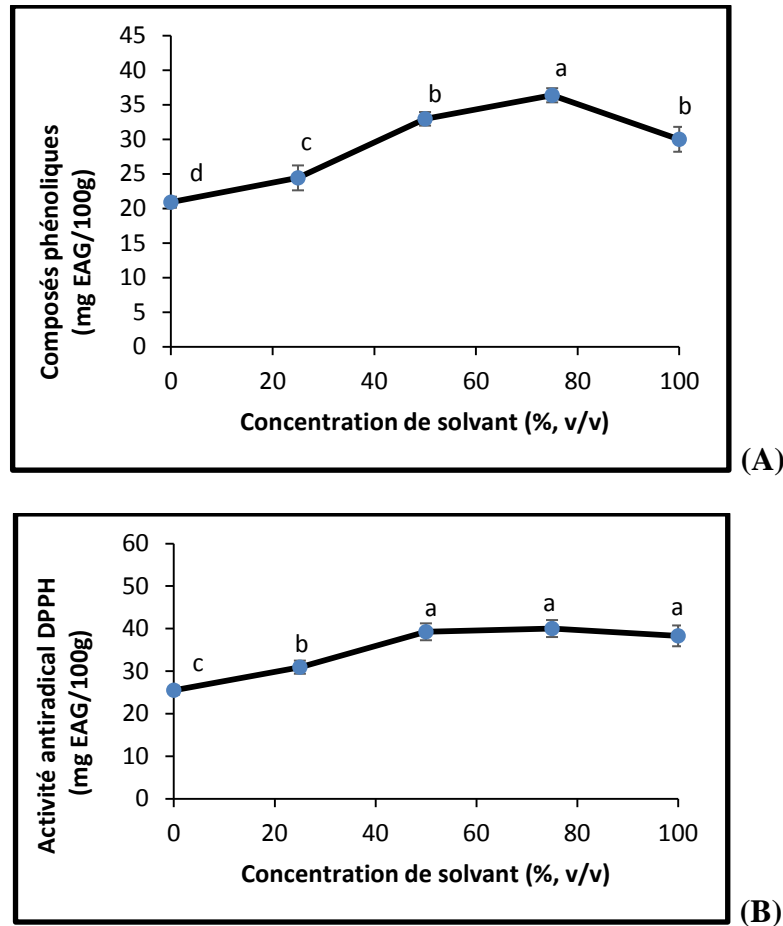


**Figure 13** : Effet du type de solvant sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B) des pelures de pommes de terre par la méthode séquentielle. Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats des pelures de pommes de terre qui portent des lettres différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $a > b > c > d$

### 3.2. Effet de la concentration de l'éthanol

Après détermination du solvant adéquat pour l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante qui est l'éthanol, une série de mélanges eau/éthanol est étudiée. La teneur en composés phénoliques augmente graduellement avec la concentration de l'éthanol jusqu'à atteindre 75% puis par la suite diminue. Les résultats obtenus montrent que la meilleure concentration en éthanol pour l'extraction des composés phénoliques est de 75 % ( $36,37 \pm 1,02$  mg EAG/100g) (Figure 14.A). L'activité antioxydante augmente avec la concentration de l'éthanol dans le mélange du solvant d'extraction jusqu'à atteindre 50% puis se stabilise pour des concentrations plus importantes d'éthanol (Figure 14.B). La concentration du solvant retenue pour l'extraction des antioxydants des pelures de pomme de terre est l'éthanol 75%.

Des études analogues sur l'optimisation d'extraction des antioxydants à partir des pelures de pommes de terre par la méthode de surface de réponse, réalisés par **Amado *et al.* (2014)** ont également montrés que le rendement optimal des composés phénoliques dans les pelures de pommes de terre était de 71,2% et 66,4% pour l'activité anti-radicalaire.



**Figure 14** : Effet de la concentration de l'éthanol sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B) sur les pelures de pommes de terre par la méthode de séquentielle

Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats des pelures de pommes de terre qui portent des lettres différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $a > b > c > d$

### 3.3. Effet du temps

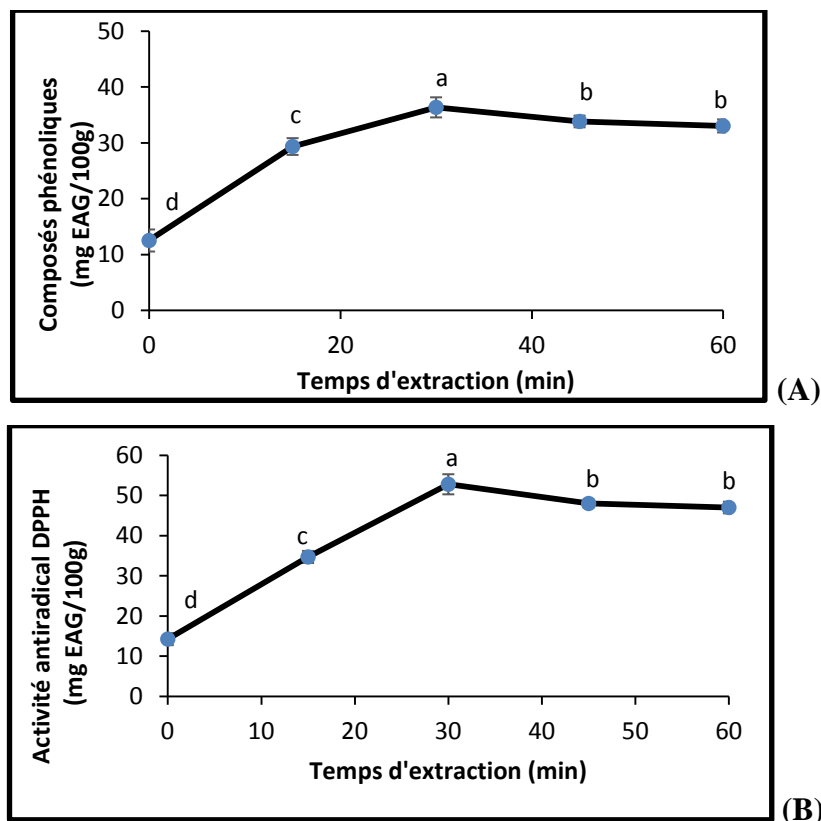
Le temps d'extraction influence considérablement la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante des pelures. La durée utilisée pour l'extraction des composés antioxydants peut varier de quelques minutes à plusieurs heures (**Lapornik et al., 2005**).

Les résultats de cette étude indiquent qu'au premier contact de la poudre de pelures de pommes de terre avec le solvant d'extraction (éthanol 75%) sont de faibles teneurs en composés phénoliques et en activité anti radicalaire. Ces derniers augmentent avec le temps de contact jusqu'à 30min L'étude statistique a montré qu'à 30 minutes, la concentration en composés phénoliques est la plus importante ( $36,37 \pm 1,80$  mg EAG/100) (figure 15.A) et l'activité anti-radicalaire est la plus élevée ( $52,78 \pm 2,50$  mg EAG/100) (figure 15.B).

Au-delà de 30 min l'activité antioxydante ainsi que la concentration en composés phénoliques diminuent légèrement puis restent constants.

**Amado *et al.* (2014)** Ont trouvés que le temps d'extraction des composés phénoliques qui a donné un meilleur rendement était de 34 min.

Un temps trop long augmente les chances d'une oxydation des polyphénols. Ceci aurait pour conséquence, une diminution du rendement d'extraction et une dégradation de l'activité antioxydante des extraits (**Wu *et al.*, 2012**).



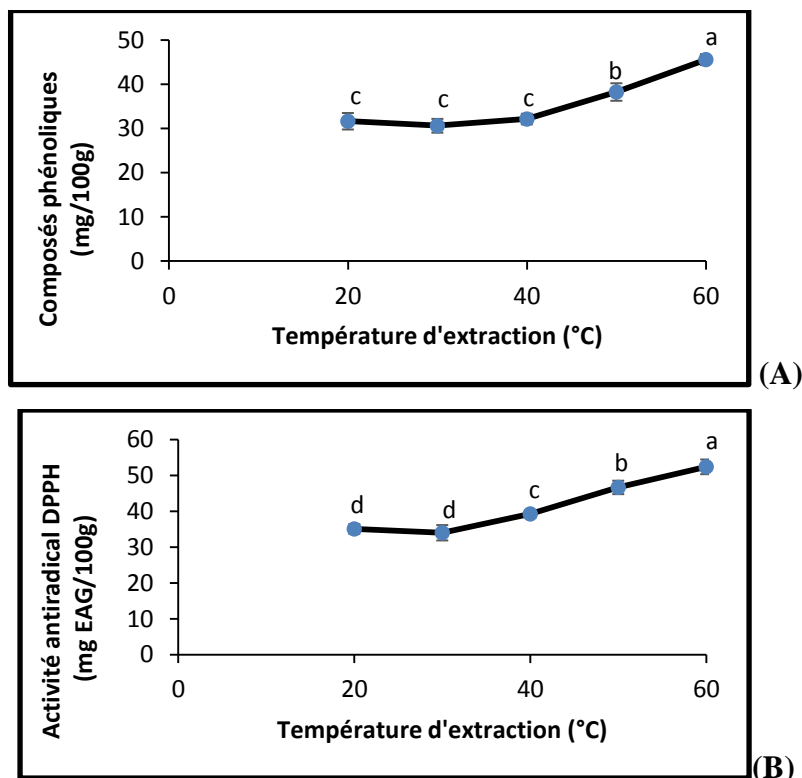
**Figure 15 :** Effet du temps sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B) des pelures de pomme de terre par la méthode séquentielle. Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats des pelures de pommes de terre qui portent des lettres différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $a > b > c > d$

### 3.4. Effet de la température

La température est un facteur important pour l'extraction des antioxydants, son augmentation est favorable car elle à la capacité de dilater les parois des tissus de la matière végétal permettant la diffusion des molécules de la matrice vers le milieu extracellulaire, cependant à des températures élevées, elle peut montrer des effets négatifs suite à la dégradation de certaines molécules thermosensibles.

Les résultats de l'étude statistique démontrent que pour des températures relativement faibles, la concentration en composés phénoliques et l'activité antioxydante sont stables, mais à partir de 40°C (composés phénoliques) et de 30°C (activité antioxydante) elle montre un effet favorable (Figure 16). Dans la gamme de températures étudiées, 60°C est la meilleure température pour l'extraction des antioxydants des pelures de pomme de terre.

Les résultats de notre étude sont plus au moins proches de ceux de **Wijngaard *et al.* (2012)** qui ont travaillé sur l'optimisation de l'extraction des antioxydants des pelures de pommes de terre par des liquides supercritiques. Ces derniers ont montrés que l'activité maximale est atteinte à 80°C.



**Figure 16 :** Effet de la température sur l'efficacité d'extraction des composés phénoliques (A) et de l'activité antioxydante (B) des pelures de pommes de terre par la méthode séquentielle. Les barres verticales représentent les écarts-types. Les résultats des pelures de pommes de terre qui portent des lettres différentes sont significativement différents ( $p < 0,05$ ) avec  $a > b > c > d$

L'extraction des composés phénoliques et l'activité anti radicalaire par la méthode séquentielle a révélé que le solvant adéquat est l'éthanol à une concentration de 70%, à un temps de 30min et une température de 60°C, avec une concentration maximale de 49 mg EAG/100g pour les composés phénoliques et de 55 mg EAG/100g pour l'activité anti radicalaire.

#### **4. Optimisation de l'extraction des composés phénoliques et de l'activité antioxydante par la méthode de surfaces de réponses**

La méthodologie de surface de réponse (MSR) est une technique statistique efficace pour optimiser les processus d'extraction complexes. Il s'agit d'un assemblage de méthodes statistiques qui est utilisé avec succès pour déterminer les effets de multiples paramètres, seul ou en combinaison, sur les variables de réponse et aussi de prédire leur comportement dans des ensembles de conditions données. Le principal avantage de la MSR est de réduire le nombre d'essais expérimentaux nécessaires pour évaluer les paramètres multiples et leurs interactions. Elle est largement utilisée dans l'optimisation des variables du processus d'extraction, tels que l'activité antioxydante, les polysaccharides, les composés phénoliques, les anthocyanes (**Liu *et al.*, 2012**).

La méthode de surface de réponse nécessite trois étapes :

1. La construction du plan expérimental ;
2. La modélisation de réponse ;
3. Les représentations graphiques (**Goupy et Creighton, 2006**).

##### **4.1. Construction du plan expérimental**

Trois facteurs à trois niveaux (-1, 0 et +1) ont été appliqués pour optimiser l'extraction des composés phénoliques à partir de la poudre de pelures de pommes de terre. Les facteurs choisis dans la présente étude sont :

- La concentration du solvant ( $x_1$ ) (40, 70 et 100%) ;
- La température d'extraction ( $x_2$ ) (30, 50 et 70°C) ;
- Le temps d'extraction ( $x_3$ ) (10, 35 et 60min).

Les niveaux des facteurs, les valeurs mesurées et prédites des teneurs en composés phénolique et des activités antioxydants sont regroupés dans le tableau X.

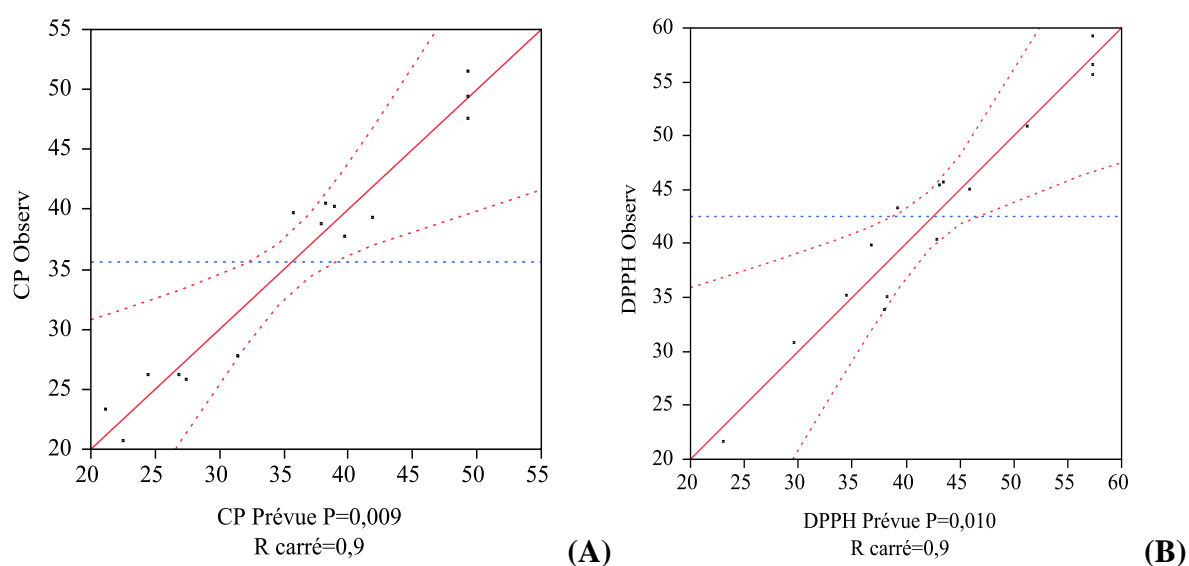
## Résultats et discussion

Les résultats démontrent que la teneur des composés phénoliques et l'activité antioxydante varient de 20,67 à 51,49 mg EAG/100g MS et de 21,6 à 59,17 mg EAG/100g MS, respectivement.

Les valeurs prédites dans le tableau X sont approximativement proches aux valeurs mesurées. Les graphiques des valeurs observées en fonction des valeurs prédites (Figure 17) montrent que les valeurs des modèles sont plus ou moins proches des valeurs expérimentales, la majorité des valeurs des composés phénoliques et de l'activité antioxydante appartiennent à l'intervalle de confiance.

**Tableau X :** Matrice du modèle de Box-Behnken et les valeurs expérimentales et prédites des trois niveaux des trois facteurs du plan d'expérience des pelures de pommes de terre.

Essai	Variable			Composés phénoliques (mg EAG/100g MS)		Activité antioxydante (mg EAG/100g MS)	
	Concentrations	Temps	Températures	Valeurs prédites	Valeurs mesurées	Valeurs prédites	Valeurs mesurées
1	70 (0)	60 (+1)	70 (+1)	39,28	41,94	50,82	51,27
2	70 (0)	10 (-1)	70 (+1)	37,68	39,71	40,33	42,91
3	40 (-1)	35 (0)	70 (+1)	39,69	35,76	43,21	39,25
4	100 (+1)	35 (0)	30 (-1)	27,68	31,42	33,77	37,97
5	70 (0)	35 (0)	50 (0)	47,5	49,34	55,62	57,27
6	100 (+1)	60 (+1)	50 (0)	40,15	38,90	45,68	43,48
7	70 (0)	10 (-1)	30 (-1)	23,28	21,19	30,76	29,61
8	70 (0)	60 (+1)	30 (-1)	40,49	38,28	45,39	43,04
9	100 (+1)	10 (-1)	50 (0)	26,22	24,48	39,77	36,84
10	100 (+1)	60 (+1)	70 (+1)	38,68	37,93	44,92	45,85
11	40 (-1)	10 (-1)	50 (0)	20,67	22,48	21,6	23,10
12	70 (0)	35 (0)	50 (0)	49,42	49,34	56,55	57,27
13	70 (0)	35 (0)	50 (0)	51,49	49,34	59,17	57,27
14	40 (-1)	35 (0)	30 (-1)	26,22	26,78	35,11	34,41
15	40 (-1)	60 (+1)	50 (0)	25,82	27,38	35,08	38,25



**Figure 17 :** Graphiques des valeurs observées en fonction des valeurs prévues pour les teneurs composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)

L'efficacité d'ajustement globale est exprimée par le coefficient de détermination  $R^2$  qui permet de renseigner sur la qualité du modèle (Yap *et al.*, 2009). Si la grandeur se rapproche de 1 cela signifie que le modèle exprime une forte puissance d'explication, par contre s'il se rapproche de 0 ça signifie que le modèle présente une faible capacité d'explication (Bachir bey *et al.*, 2014). Les coefficients de détermination sont de 0.95 (95%) pour les composés phénoliques et l'activité antioxydante ce qui confirme la haute significativité des deux modèles de réponses. Les résultats sont représentés dans le tableau XI pour les composés phénoliques et dans le tableau XII pour l'activité anti radicalaire.

**Tableau XI :** Analyse de la variance du modèle et du défaut d'ajustement pour les composés phénoliques

Source	Degrés de liberté	Somme des Carrées	Carré des moyennes	Rapport F	Prob.>F
<b>Modèle</b>	9	1313,6646	145,963	10,5535	0,0092*
Résidu	5	69,1538	13,831		
Total	14	1382,8184			
<b>Défaut d'ajustement</b>	3	61,190	20,397	5,122	0,167
Erreur pure	2	7,964	3,982		
Erreur totale	5	69,154			



**Tableau XII** : Analyse de la variance du modèle et du défaut d'ajustement pour l'activité antioxydante

Source	Degrés de liberté	Somme des Carrées	Carré des moyennes	Rapport F	Prob.>F
<b>Modèle</b>	9	1433,187	159,243	9,834	0,0092*
Résidu	5	80,962	16,192		
Total	14	1514,149			
<b>Défaut d'ajustement</b>	3	74,1848	24,7283	7,297	0,1229
Erreur pure	2	6,777	3,389		
Erreur totale	5	80,962			

### 4.2. Effets des facteurs

Le degré d'influence des facteurs (concentration du solvant, température et temps d'extraction) sur l'extraction des composés phénoliques ainsi que l'activité antioxydante des pelures sont représentés dans le tableau XIII.

**Tableau XIII** : Paramètres des modèles de surfaces de réponses des composés phénoliques et de l'activité antioxydante des pelures de pommes de terre

Paramètres	Estimation	Erreur standard	Rapport t	Prob.> t
<i>Composés phénoliques</i>				
Constante	49,345	2,124	23,230	<0,0001*
Solvant(40,100)	3,380	1,387	2,440	0,059
Temps(10,60)	4,830	1,294	3,730	0,014*
Température(30,70)	5,546	1,387	4,000	0,010*
Solvant*Temps	2,383	1,800	1,320	0,243
Solvant*Température	1,059	2,059	0,510	0,629
Temps*Température	-3,715	1,800	-2,060	0,094
Solvant*Solvant	-10,831	1,969	-5,500	0,003*
Temps*Temps	-10,205	2,124	-4,800	0,0049*
Température*Température	-3,864	1,969	-1,960	0,107
<i>Activité antioxydante</i>				
Constante	57,269	2,299	24,910	<0,0001*
Solvant(40,100)	4,743	1,501	3,160	0,025*
Temps(10,60)	5,447	1,400	3,890	0,012*
Température(30,70)	5,382	1,501	3,590	0,016*
Solvant*Temps	-2,126	1,947	-1,090	0,325
Solvant*Température	2,964	2,228	1,330	0,241
Temps*Température	-1,269	1,947	-0,650	0,544
Solvant*Solvant	-10,995	2,130	-5,160	0,004*
Temps*Temps	-10,858	2,299	-4,720	0,005*
Température*Température	-4,703	2,130	-2,210	0,078

Les effets des différents paramètres sur les composés phénoliques sont classés selon l'ordre décroissant suivant : Temps > Température > Temps<sup>2</sup> > Solvant<sup>2</sup>. Les autres paramètres n'ont pas d'effets significatifs sur l'extraction des composés phénoliques.

L'influence des différents paramètres sur l'activité antioxydante diffère du classement des composés phénoliques, ils sont classés selon un ordre décroissant : Solvant > Température > Temps > Temps<sup>2</sup> > Solvant<sup>2</sup>. Les autres paramètres n'affectent pas l'activité antioxydante significativement.

Les modèles mathématiques des surfaces de réponses des teneurs en composés phénoliques et de l'activité antioxydante des pelures de pommes de terre sont représentés sous forme de polynômes de second ordre. Ces modèles mathématiques englobent les effets linaires et quadratiques des facteurs significatifs et sont donnés dans les équations suivantes :

$$CP = 49,345 + 4,830x_2 + 5,546x_3 - 10,831x_1^2 - 10,05x_2^2$$

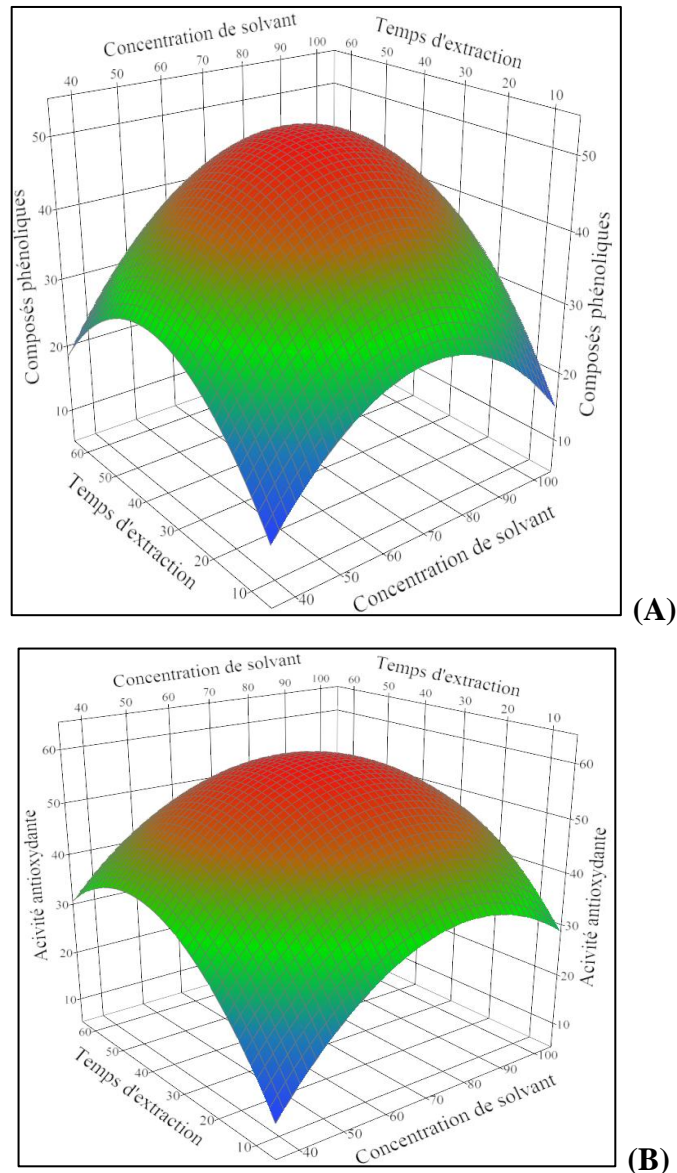
$$AA = 57,269 + 4,743x_1 + 5,447x_2 + 5,382x_3 - 10,995x_1^2 - 10,858x_2^2$$

CP : composés phénoliques, AA : activité antioxydante,  $x_1$  : concentration de solvant,  $x_2$  : temps,  $x_3$  : température.

### 4.3. Représentations spatiales et analyse des modèles de surfaces de réponses

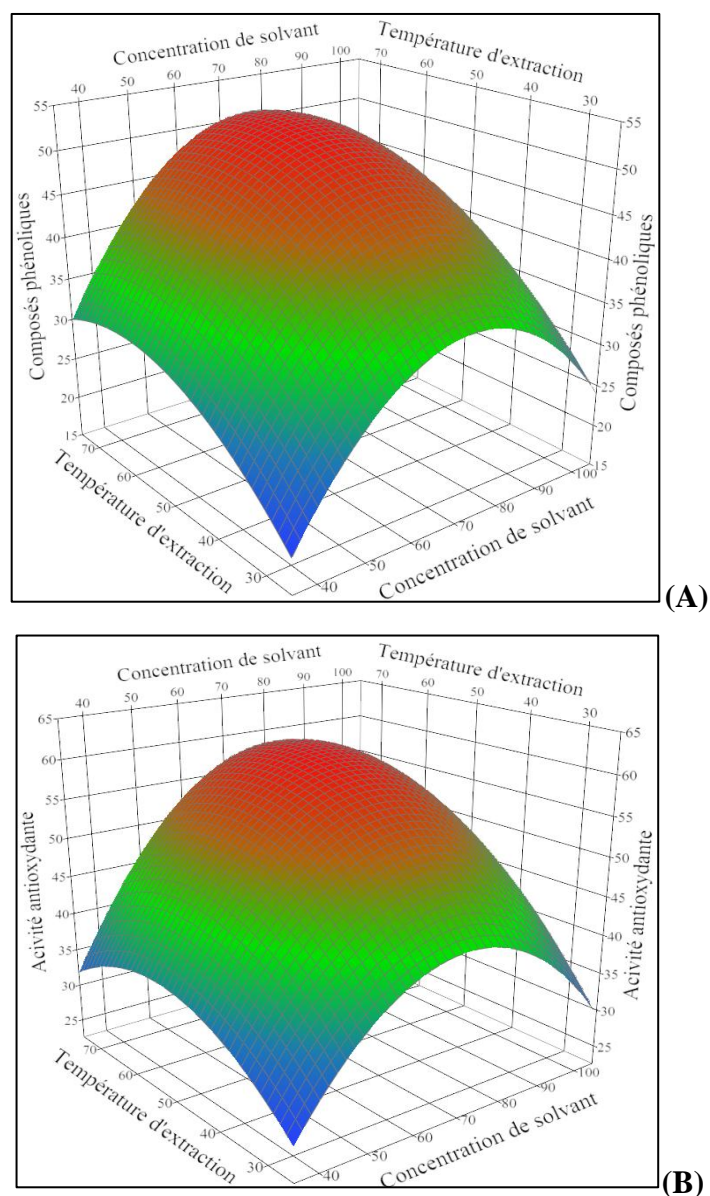
Les effets des différents facteurs des modèles de surfaces de réponses sont représentés graphiquement. Dans chaque graphe deux facteurs varient dans le domaine expérimental et le troisième est fixé à son niveau central.

La figure 18 illustre la représentation spatiale en 3D des effets du temps d'extraction et la concentration du solvant sur les composés phénoliques et de l'activité antioxydante. Les effets quadratiques de la concentration du solvant sont bien présentés, ceci signifie que la polarité joue un rôle important sur l'extraction des antioxydants. Pour le temps, l'extraction atteint son maximum à 39,21 min au-delà il y'a une diminution de la teneur en composés phénoliques et de l'activité antioxydante suite à la dégradation des antioxydants.

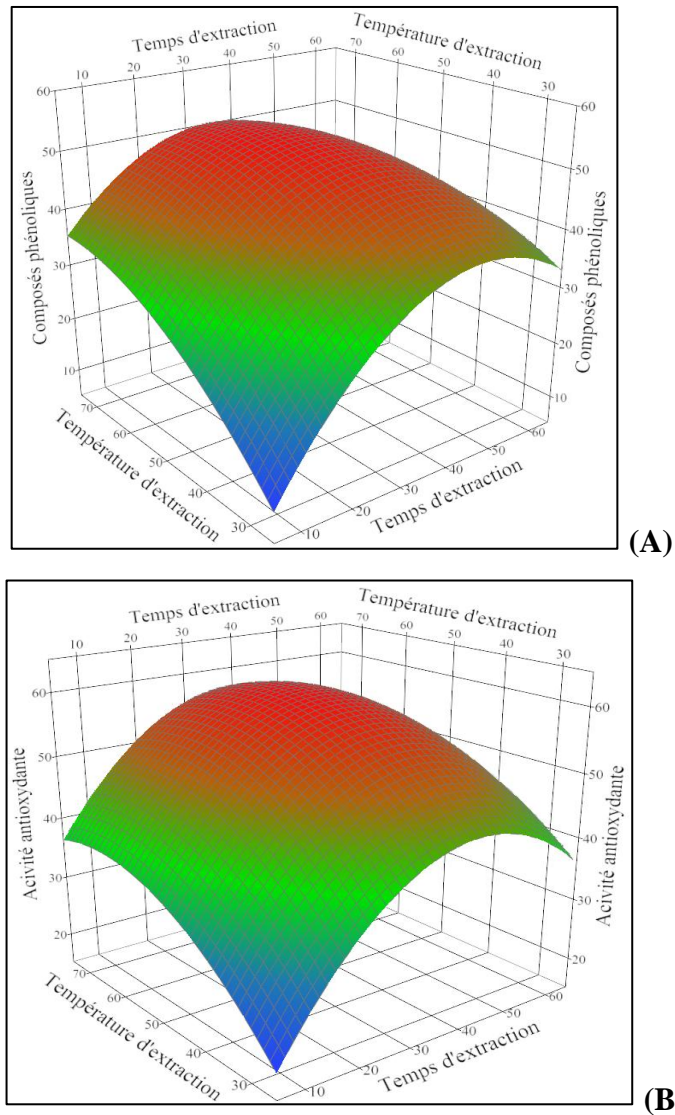


**Figure 18 :** Représentation spatiale des modèles de surfaces de réponses de l'effet de la concentration du solvant et du temps sur l'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)

Les figures 19 et 20 montrent les représentations spatiales de la surface de réponse de l'effet de la concentration du solvant et de la température ainsi l'effet du temps et de la température, respectivement. Pour la température, l'effet linéaire est significatif, indiquant ainsi que les antioxydants s'accumulent avec l'augmentation de la température jusqu'à atteindre le maximum d'extraction à 63,02°C, par contre l'effet quadratique de ce paramètre n'est pas significatif.



**Figure 19 :** Représentation spatiale des modèles de surfaces de réponses de l'effet de la concentration du solvant et de la température sur l'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)



**Figure 20 :** Représentation spatiale des modèles de surfaces de réponses de l'effet de la température et du temps sur l'extraction des composés phénoliques (A) et l'activité antioxydante (B)

L'extraction des composés phénoliques et l'activité anti radicalaire par la méthodologie de surface de réponse a montré que la concentration optimale de l'éthanol est de 78,58%, à un temps de 39,21 min et à une température de 63,02°C. Une concentration de 51,83 mg EAG/100g est observée pour les composés phénoliques et de 60,16 mg EAG/100g pour l'activité antioxydante.

### Conclusion

Les objectifs de cette étude sont focalisés sur l'optimisation des conditions d'extraction des antioxydants polyphénoliques, suivant deux méthodologies, et sur le dosage des composés bioactifs (flavonoïdes, caroténoïdes, acide ascorbique) contenus dans les pelures de pommes de terre.

La méthode séquentielle indique que le choix du solvant, la concentration, la température et le temps d'extraction ont des effets significatifs. Le solvant qui donne un meilleur rendement est l'éthanol avec une concentration de 70%, à une température de 60°C et un temps de 30 min.

Les concentrations en composés phénoliques sont de 49mg EAG/100g et l'activité antioxydante sont de 55mg EAG/100g.

Les modèles des teneurs en composés phénoliques et de l'activité anti radicalaire, obtenus par la méthode de surface de réponse indiquent des effets linéaires et quadratiques avec interactions des paramètres étudiés (concentration de l'éthanol, température et temps d'extraction) sont statistiquement significatifs.

Les modèles mathématiques établis ont permis d'obtenir des paramètres optimaux pour la concentration de l'éthanol de 78,58% et pour la température 63,02°C et pour le temps d'extraction 39,21min. Les concentrations optimales en composés phénoliques sont de 51,83mg EAG/100 et l'activité anti radicalaire sont 60,16mg EAG/100g.

Les données mathématiques indiquent des valeurs comparables à ceux des résultats expérimentaux.

Concernant les composés bioactifs, la teneur en flavonoïdes est de 1,07mg EQ/100g MS, la teneur en acide ascorbique obtenue est de 2,4mg EAA/100g MF et la concentration en caroténoïdes est de 2,4mg E $\beta$ C/100g MS.

Au terme de cette étude, il est important de souligner que la source en composés phénoliques et en activités antioxydantes sont assez appréciables.

Il est envisageable de soulever certaines perspectives intéressantes afin de renforcer notre travail :

- Approfondir l'étude sur les caractéristiques physico-chimiques et évaluer l'activité antimicrobienne
- Les sous produits présentent un intérêt de valorisation et leur rendement d'extraction pourrait être exploité pour la récupération des composés d'intérêts dans l'élaboration de produits divers par des industries agroalimentaires, cosmétiques ou pharmaceutiques
- Elargir les recherches en étudiant d'autres variétés et dans d'autres régions
- Des études sur la toxicité devraient être réalisées avant leur utilisation dans différentes formulations alimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques.
- Caractérisation des composés phénoliques et de l'activité antioxydante en utilisant des méthodes plus précises tel que, l'HPLC, RMN.

**REFERENCES**  
**BIBLIOGRAPHIQUES**



## A

- Adrian J, Potus J, Frangne R. 1995.** La science alimentaire de A à Z. 2eme Ed. Technologie et Doct. Lavoisier. 404.
- Agric J. 2004.** Distribution of Ascorbic Acid in Potato Tubers and in Home-Processed and Commercial Potato Foods. *Food Chemistry*. 52: 6516-6521.
- Amado RI, Franco D, Sánchez M, Zapata C, Vázquez JA. 2014.** Optimisation of antioxidant extraction from *Solanum tuberosum* potato peel waste by surface response methodology. *Food Chemistry*. 165: 290–299.
- Andre CM, Oufir M, Guignard C, Hoffmann L, Hausman JF, Evers D, Larondelle Y. 2007.** Antioxidant profiling of native Andean potato tubers (*Solanum tuberosum* L.) reveals cultivars with high levels of  $\beta$  – Carotene,  $\alpha$ -Tocopherol, chlorogenic acid, and petanin. *Journal of Science Food and Agriculture*.55:10839-49.
- Arapoglou D, Vlyssides A, Haidemenaki K, Malli V, Marchant R, Israilides C, Road C. 2009.** Alternative ways for potato industries waste utilisation. In: Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference on Environmental Science and Technology, Chania, Crete, Greece, (3–5 September).
- Arapoglou D, Varzakas Th, Vlyssides A, Israilides C. 2010.** Ethanol production from potato peel waste (PPW). *Waste Management*. 30: 1898–1902.
- Arora A, Camire ME. 1994.** Performance of potato peels in muffins and cookies. *Food Research International*. 27:15-22.
- Audigié C, Dupont G. 1992.** Principes des méthodes d'analyse biochimique, Wolters Kluwer France.
- Augustin J, Johnson SR, Teitzel C, True RH, Hogan JM, Toma RB, Shaw RL, Deutsch, RM. 1978.** Vitamin composition of freshly harvested and stored potatoes. *Journal of Food Science*. 43:1566–1574.

## B

- Bachir Bey M, Meziat L, Benchikh Y, Louaileche H. 2014.** Deployment of response surface methodology to optimize recovery of dark fresh fig (*Ficus carica* L., var. Azenjar) total phenolic compounds and antioxidant activity. *Food Chemistry*: 162 277–282
- Ball GF. 1997.** Vitamin C. In: «Bioavailability and Analysis of Vitamin in Food». Ed. Jones and Bartlett Publishers. 517-563.
- Bamforth CW. 2000.** Perceptions of beer foam. *Journal of Institute Brew*. 06: 229-38.
- Bessaoud S. 2015.** Evaluation de quelques paramètres de la balance oxydants/antioxydants chez des rats diabétiques recevant de la quercétine.
- Bethke, Jansky. 2008.** The effects of boiling and leaching on the content of potassium and other minerals in potatoes. *Journal of Food Science*. 73:H80-5.
- Birch GG, Blakebrough N, Parker KJ. 1981.** Enzymes and Food Processing. London: Applied Science Publishers.
- Boubacar S. 2005.** Etude de la phytochimie et des activités biologiques de *Combretum glutinosum* perr. Ex DC (Combretaceae). Université de Bamako.

- Boumaza A. 2009.** Effet de l'extrait méthanolique de *Zygophyllum cornutum* coss contre le stress oxydant associé au diabète sucré et les organes en relation. Université Mentouri-Constantine.
- Bourget D. 1998.** Le grand livre des variétés de pommes de terre. AD Hoc. France: Sylvain Cousin. ISBN: 978-2951318502.
- Britton G. 1995.** Structure and nomenclature. In: Weedon, B.C.L., Moss, G.P. (Ed), Carotenoids-Isolation and Analysis. Birkhäuser Verlag, Basel.
- Brown CR . 2005.** Antioxydants in potato. In: American journal of potato research. Aout 2004. 82:163-172.
- Brown CR, Culley D, Yang CP, Durst R, Wrolstad R. 2005.** Variation of anthocyanin and carotenoid contents and associated antioxidant values in potato breeding lines. Journal of the American Society for Horticultural Science. 130: 174–180.
- Brown S. 2018.** Green potatoes causes and concerns. Cooperative extension service. 1-877-520-5211. University of Alaska Fairbanks.
- Bruneton J. 1999.** Les tanins. (Ed) médicales internationales. Paris. 369-404.
- Burkart, A. 1987.** Leguminosas. In: Dimitri, M. Enciclopedia Argentina de Agricultura y Jardineria, Tomo I. Descripcion de plantas Cultivadas. Editorial ACME S.A.C.I., Buenos Aires. 467-536.

## C

- Camire ME, Zhao J, Violette DA. 1993.** In vitro binding of bile acids by extruded potato peel. Journal of Food Chemistry. 41(12):2391-2394.
- Campbell R, Ducreux LJM, Morris WL, Morris JA, Suttle JC, Ramsay G, Bryan GJ, Hedley PE, Taylor MA. 2010.** The metabolic and developmental roles of carotenoid cleavage dioxygenase 4 from potato (*Solanum tuberosum* L). Plant Physiology. 154: 656–664.
- Catalogue des variétés de pommes de terre. <http://plantdepommedeterre.org/index/fiches-descriptives-des-varietes-de-pomme-de-terre/> (consulté le : 12/06/2018).
- Chepda T, Perier C, Chamson A, Frey J. 1999.** Effets pro et antioxydant de l'ascorbate. Nutrition Clinique et Métabolisme. 13 (2) : 115-20.
- Crozier A, Clifford MN, Ashihara H. 2006.** Plant Secondary Metabolites: Occurrence, Structure and Role in the Human Diet. Ed Blackwell Publishing Ltd.

## D

- Degrou AD. 2013.** Etude de l'impact des procédés de transformation sur la diffusion des caroténoïdes : cas du lycopène de la tomate. Sciences agricoles. Université d'Avignon, France.
- Djeridane A, Yousfi M. 2006.** "Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds." Food Chemistry. 97(4) : 654-660.
- Donnelly D, Kubow S. 2011.** Role of Potato in Human Health. Colloque sur la pomme de terre. Plant Science Dept. & School of Dietetics and Human Nutrition. McGill University, Montreal.
- D.S.A. 2016.** Direction des services agricoles, section statistique et prévision. Wilaya de Bejaia.

**Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Pebers PA, Smith F. 1956.** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*. 28: 350-356.

## E

**Erlejman AG, Fraga CG, Oteiza PI. 2006.** Procyanidins protect Caco-2 cells from bile acid- and oxidant-induced damage, *Free Radical Biology Medicinal*. 41: 1247–1256.

## F

**Faostat, 2008.** Statistical Databases (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Site web: <http://faostat.fao.org/> (consulté le 12/03/2018)

**Faostat, 2014.** Statistical Databases (Food and Agriculture Organization of the United Nations) Site web : <http://faostat.fao.org/> (consulté le 12/03/2018)

**Fraser PD, Bramley P. 2005.** The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids. University of London, *Progress in Lipid Research*. 43 : 228–265.

**Friedman M. 2006.** Potato glycoalkaloids and metabolites: roles in the plant and in the diet. *Journal of Science Food and Agriculture*. 54:8655–8681.

**Friedman M, Kozukue N, Kim HJ, Choi SH, Mizuno M. 2017.** Glycoalkaloid, phenolic, and flavonoid content and antioxidative activities of conventional nonorganic and organic potato peel powders from commercial gold, red, and Russet potatoes. *Journal of Food Composition Analytic*. 62 : 69-75.

## G

**Gaillard T. 1973.** Lipid and fatty acid composition of tubers from different varieties of potato. Agricultural research council, food reseach institut colney lane norwich, NOR 70F, England. *Journal of Science Food and Agriculture*. 24 :617-622.

**Georgé S, Brat P, Alter P, Amiot MJ. 2005.** Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 : .1373-1370

**Goupy J, Creighton L. 2006.** Introduction aux plans d'expériences (3éme Ed), Paris, France. 179-206.

**Gravouelle JM. 1996.** Utilisation pour l'alimentation humaine In Rousselle R, Robert Y, Crosnier JC, (Ed). *La pomme de terre*, Paris: INRA (Ed) : 451-498, ISBN: 2-7380-0676-0.

**Grison C. 1983.** La pomme de terre. Caractéristiques et qualités alimentaires. APRIA. (Ed ) Paris.

**Guggenbuhl N. 2006.** Les antioxydants à la source. In: *Bull. Soc. belge Ophtalmol*. 301: 41-45.

## H

**Harborne JB. 1989.** Recent advances in chemical ecology. *Nat. Prod. Rep*. 25 (7): 85-109

**Hartmann R, Buning-Pfaue H. 1998.** NIR determination of potato constituents. *Potato Research*. 41:327-34.

**Hawkes, JG. 1990.** The potato: evolution, biodiversity and genetic resources. Belhaven Press, Oxford, England/Smithsonian Institution Press, Washington, D. C.

**Hayashi K, Hibasami H, Murakami T, Terahara N, Mori M, Tsukui A. 2006.** Induction of apoptosis in cultured human stomach cancer cells by potato anthocyanins and its inhibitory effects on growth of stomach cancer in mice. Food Science Technology Research. 12:22-6.

**Huang W, Serra O, Dastmalchi K, Jin L, Yang L, Stark RE. 2017.** Comprehensive MS and solid-state NMR metabolomic profiling reveals molecular variations in native periderms from four *Solanum tuberosum* potato cultivars. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 65:2258–2274.

## I

**Iqbal K, Khan A, Khattak AKK. 2004.** Biological Significance of Ascorbic Acid (Vitamin C) in Human Health. NWFP Agricultural University. Pakistan Journal of Nutrition. 1: 5-13

**Iqbal S, Bhangar MI, Anwar F. 2005.** Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistan. Food Chemistry. 93 : 265–272.

## J

**Jakobek L, Šeruga M, Medvidovic-Kosanovic M, Novak I. 2007.** Antioxidant Activity and Polyphenols of Aronia in Comparison to other Berry Species. Agriculturae Conspectus Scientificus. 72 (4): 301-306.

**Jaspard E. 2005.** Disponible sur ead.univ-angers.fr (consulté le : 10/04/2018).

**Jaspard E. 2014.** Disponible sur ead.univ-angers.fr (consulté le : 22/05/2018).

**Jurjanz S, Colin-Schoellen O, Gardeur JN, Laurent F. 1998.** Alteration of milk fat by variation in the source and amount of starch in a total mixed diet fed to dairy cows. Journal of Dairy Science. 81(11):2924-2933.

## K

**Kader F, Rovel B, Metche M. 1993.** Role of invertase in sugar content in highbush blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). Lebensmittel Wissenschaft und Technologie. (26): 593-595.

**Kapoor AC , Rough SL , Li PH. 1975.** Potato Research. 18: 469.

**Kawakami S, Mizuno M, Tsuchida H. 2000.** Comparison of antioxidant enzyme activities between *Solanum tuberosum* L. cultivars Danshaku and Kitaakari during low-temperature storage. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48 : 2117-2121.

**Khachik F .1995.** Process for isolation, purification, and recrystallization of lutein from saponified marigolds oleoresin and uses thereof. The Catholic University of America. U.S. Patent. January 17.

**Khenouf S, Iratni N, Baghiani A, Harzallah D, Arrar L. 2010.** Antioxidant and antibacterial activities of extracts from *Artemisia herba alba* Asso. Leaves and some phenolic compounds. Journal of Medicinal Plants Research. 4(13) : 1273-280.

- Kiokias S, Gordod HM. 2004.** Antioxidant properties of caroténoids in vitro and in vivo. Food Review International. 20(2): 99-121.
- Klein BP, Perry AK. 1982.** Ascorbic acid and vitamin A activity in selected vegetables from different geographical areas of the United States. Journal of Food Science. 47: 941-945.
- Kotíková Z, Šulc M, Lachman J, Pivec V, Orsák M, Hamouz K. 2016.** Carotenoid profile and retention in yellow-, purple- and red-fleshed potatoes after thermal processing. Food Chemistry. 197: 992–1001.
- Kumar D, Singh BP, Kumar P. 2004.** An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. 145:247-56.

## L

- Lako J, Trenerry VC, 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
- Lapornik B, Prošek M, Wondra AG. 2005.** Comparison of extracts prepared from plant byproducts using different solvents and extraction time. Journal of Food Engineering. 71 : 214-222.
- Lazarov K, Werman MJ. 1996.** Hypocholesterlaemic effect of potato peels as a dietary fiber source. Journal of Medicines Science Research. 24:581-582.
- Leandro GA. 2013.** Eco-procédés pour la récupération sélective d'antioxydants à partir d'*Aronia melanocarpa* et ses co-produits. 1 vol [144 pages]. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle : Ingénierie des fonctions biologiques : Université de Lille 1.
- Leterme P, Buldgen A, Estrada F, Londoño AM. 2006.** Mineral content of tropical fruits and unconventional foods of the Andes and the rain forest of Colombia. Food chemistry. 95(4): 644-652.
- Lewis CE, Walker JRL, Lancaster JE, Sutton KH. 1998.** Determination of Anthocyanins, Flavonoids and Phenolic Acids in Coloured Potatoes: Cultivars of *Solanum tuberosum* L. New Zealand. Journal of Agricultural and Science of Food. 77: 45-57.
- Lisińska G, Leszczyński W. 1989.** Potato Science and Technology. Elsevier Applied Science, London, New York.
- Liu Q, Yang X, Zhang L, Majetich G. 2010.** Optimization of ultrasonic-assisted extraction of chlorogenic acid from Folium eucommiae and evaluation of its antioxidant activity. Journal of Medicine Plants Research. 4: 2503-2511.
- Liu Y, Heying E, Tanumihardjo SA. 2012.** History, global distribution, and nutritional importance of citrus fruits. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 11(6) : 530-545.

## M

- M.A.D.R. 2014.** Ministère d'agriculture, Direction de statistique de système d'information (D.S.A). Ministère d'Agriculture et Développement Rural.
- Macheix JJ, Fleuriet A, Jay-Allemand C. 2005.** Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne.

- Medic-Saric M, Jasprica I, Smoteié-Bubalo A, Mornar, A. 2004.** Optimization Of Chromatographic Conditions in Thin Layer Chromatography of Flavonoids and Phenolic Acids. *Croatica Chemica Acta*. 77 (1-2) : 361-366.
- Méziane D. 1991.** Histoire de la pomme de terre. *Diététique* n°25 pp : 29.
- Mahmood U, Greenman J, Scragg H. 1998.** Orange and potato peel extracts: Analysis and us as Bacillus substrates for the production of extracellular enzymes in continuous culture. *enzyme and Microbial Technology*. 22 : 130-137.
- Mohdaly AAA, Hassanien MFR, Mahmoud A, Sarhan MA, Smetanska I. 2013.** Phenolic extracted from potato, sugar beet, and sesame processing byproducts. *International Journal of Food Properties*. 16:1148–1168.
- Morreel K, Goeminne G, Storme V, Sterck L, Ralph J, Coppieters W, Breyne P, Steenackers M, Georges M, Messens E, Boerjan W. 2006.** Genetical metabolomics of flavonoid biosynthesis in *Populus*: a case study. *Journal of Plants*. 47: 224-37.
- Mukherjee KA, Adhikari H, Rai KS. 2008.** Production of alkaline protease by a thermophilic *Bacillus subtilis* under solid-state fermentation (SSF) condition using Imperata cylindrica grass and potato peel as low-cost medium: Characterization and application of enzyme in detergent formulation. *Biochemical Engineering Journal*. 39:353-361.

## N

- NASA. 2009.** Space Spuds to the Rescue.  
<http://209.85.229.132/search?q=cache:Ju862q55T5QJ:www.nasa.gov/vision/earth/everydaylife/> (consulté le : 03/03/2018).
- Natu RB, Mazza G, Jadhav SJ. 1991.** Waste utilization. In: Salunkhe DK, Kadam SS, Jadhav SJ, editors. *Potato: production, processing, and products*: CRC Press, Boca Raton, U.S.A. 175-199.
- Nielsen TH, Deiting U, Stilt MA. 1997.** Amylase in potato tubers is induced by storage at low temperature. *Plant Physiology*. 113(2): 503-510.
- Noda T, Kottarachchi SN, Tsuda S, Mory M, Takigawa S, Matsuura-Endo C. 2007 .** Starch phosphorus content in potato (*Solanum tuberosum* L.) cultivars and its effect on other starch properties. *Carbohydrate Polymers*. 68:793-6.

## O

- OCDE. 2002.** Consensus Document on Compositional Considerations for New Varieties of Potatoes: Key Food and Feed Nutrients, Anti-nutrients and Toxicants ([http://www.oecd.org/olis/2002doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/4091cf51091a9e4bc1256b3c00403dc7/\\$FILE/JT00119165/.PDF](http://www.oecd.org/olis/2002doc.nsf/43bb6130e5e86e5fc12569fa005d004c/4091cf51091a9e4bc1256b3c00403dc7/$FILE/JT00119165/.PDF)) (consulté le : 03/06/2018).
- Onyeneho NS, Hettiarachchy SN. 1993.** Antioxidant activity, fatty acids and phenolic acids compositions of potato peels. *Journal of Science Food and Agriculture*. 62:345-350.
- Orr PH, Toma RB, Munson ST, D'Appolonia B. 1982.** Sensory evaluation of breads containing various levels of potato peel. *American Potato Journal*. 59(12):605-612.

## P

- Palta JP. 1996.** Role of calcium in plant responses to stresses: Linking basic research to the solution of practical problems. *Horticultural Science*. 31:51-7
- Perez MEG. 2008.** Caractérisation de composés phénoliques des extraits de ramilles du bouleau jaune : étude de leur capacité antioxydante. Université de Laval.
- Popovici C, Saykova I, Tylkowski B. 2009.** Evaluation de l'activité antioxydant des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH. *Revue de génie industriel*. 4: 25-39.
- Pradal D. 2016.** Eco-procédés d'extraction de polyphénols antioxydants à partir d'un coproduit agroalimentaire. 1 vol [241 pages]. Thèse de 3<sup>e</sup> cycle : ingénierie des fonctions biologiques : Université de Lille 1 : 2016.
- Prasad AGD, Pushpa HN. 2007.** Antimicrobial activity of potato peels waste. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology and Environmental Sciences*. 9(3):559-561.
- Priedniece V, Spalvins K, Ivanovs K, Pubule J, Blumberga D. 2017.** Bioproducts from Potatoes. In: *Environmental and Climate Technologies*. 21: 18-27.

## R

- Ramandeep K, Toor G, Savage P. 2005.** Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food Research International*. 38: 487-494.
- Ranalli A, Contento S, Lucera L, Di Febo M, Marchegiani D, Di Fonzo V. 2006.** Factors affecting the contents of iridoid oleuropein in olive leaves (*Olea europaea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54: 434-440.
- Ribereau-Gayon P. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. Ed, DUNOD, Paris.
- Rodriguez DSD, Hadley M, Wolf-Hall C. 1998.** Potato peel extract a nonmutagenic antioxidant with potential antimicrobial activity. *Journal of Science Food*. 63(5):907-910.
- Rosenthal S, Jansky S. 2008.** Effect of production site and storage on antioxidant levels in specialty potato (*Solanum tuberosum* L.) tubers. *Journal of Science Food and Agriculture*. 88: 2087–2092.
- Rousselle P, Rousselle B, Ellisseche D. 1992.** La pomme de terre. Amélioration des espèces végétales cultivées. Gallais A., Bannerot H.
- Rousselle P, Robert Y, Crosnier JC. 1996.** La pomme de terre production, amélioration, ennemis et maladies, utilisations. INRA. Paris : Ed QUAE GIE. ISBN 2-7380-0676-0.

## S

- Schieber A, Tintzing FC, Carle R. 2001.** By-products of plant food processing as a source of functional compounds-recent developments. *Trends in Food Science & Technology*. 12: 401–413.
- Singh N, Rajini PS. 2004.** Free radical scavenging activity of an aqueous extract of potato peel. *Food Chemistry*. 85(4):611-616.

**Smith O. 1987.** Effect of cultural and environmental conditions on potatoes for processing. p 73- 146. Dans: Talburt, W.F. et O. Smith (ed.). Potato processing (fourth ed). Van Nostrand Reinhold Company, New-york.

**Soto -Zamora G, Yahia EM, Brecht JK, Gardia A. 2005.** Effect of post harvest hot air treatment on the quality and antioxidant level in tomato fruit LW T. 38: 183-202.

## T

**Tabarly S. 2009.** La France : des territoires en mutation du champ à l'usine, production et transformation d'une denrée agricole : la pomme de terre et le "système" McCain. Professeure agrégée de géographie retraitée, responsable éditoriale de Géoconfluences de 2002 à 2012 – De gestion économie et École normale supérieure de Lyon.

The European Cultivated Potato Database (<http://www.europotato.org/> menu.php), Europotato.org. 2009. (consulté le : 20/05/2018)

## U

**Ugent D, Peterson L. 1988.** Archaeological remains of potato and sweet potato in Peru. CIP circular, 16 (3): 1-10.

## W

**Watson RR. 2014.** Polyphenols in Plants : Isolation, Purification and Extract Preparation. Academic Press. (17 jan). isbn : 978-0-12-398491-3.

**Wikipedia.** <http://www.wikipedia.com/> (consulté le : 05/06/2018).

**Wijngaard HH, Ballay M, Brnton NP. 2012.** The optimization of extraction of antioxidants from potato peel by pressurised liquids. Food chemistry.

**Wilson A. 1987.** Flavonoids pigments in chalkhill blue (*Lysandra coridonpoda*) and other lycaenid butterflies. Journal Chemistry of Ecology. 13 (3): 473-493.

## Y

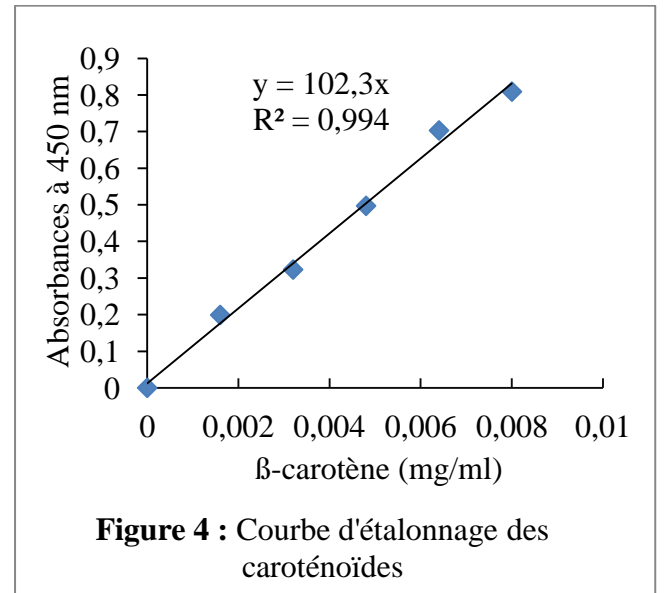
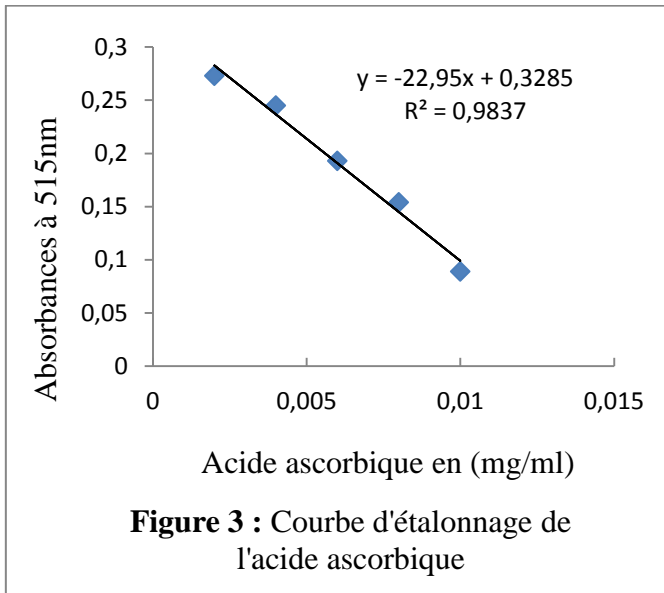
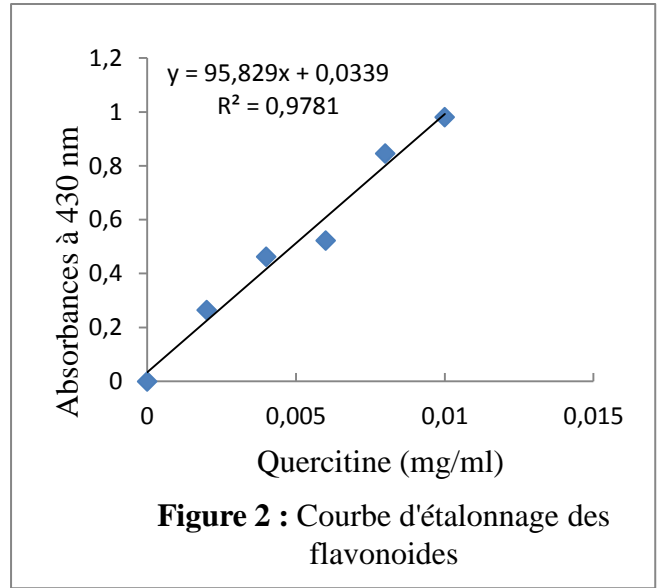
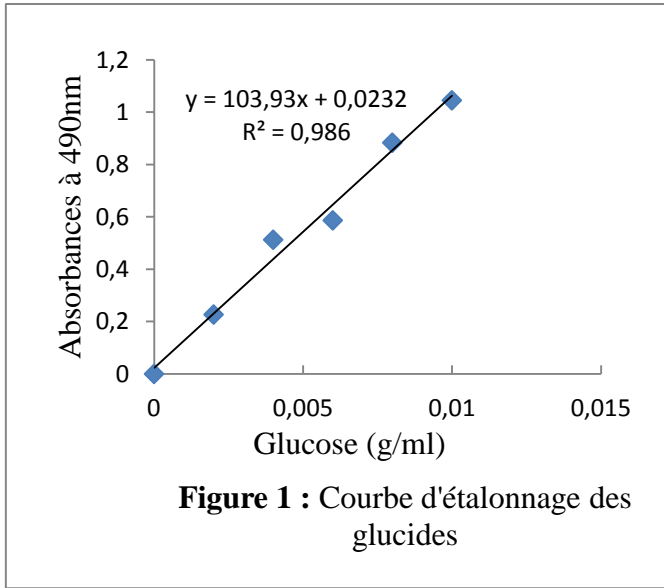
**Yap C, Ho C, Aida WW, Chan S, Lee C, Leong Y. 2009.** Optimization of extraction conditions of total phenolic compounds from star fruit (*Averrhoa carambola* L.) residues. Sains Malaysiana. 38 : 511-520.

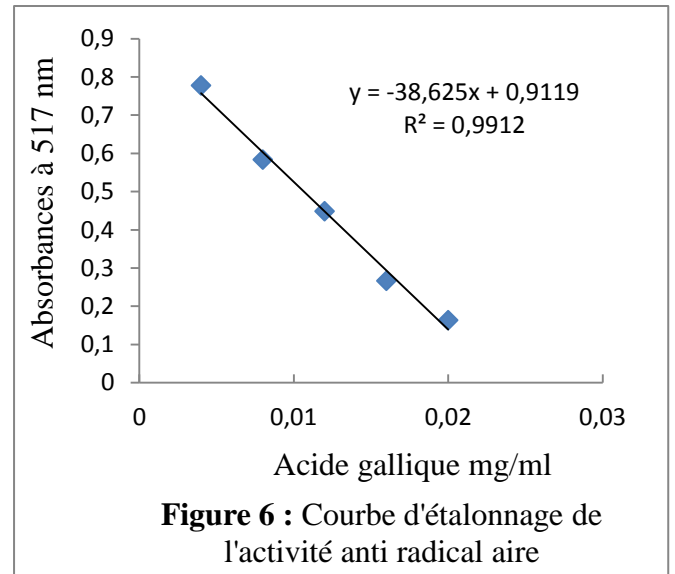
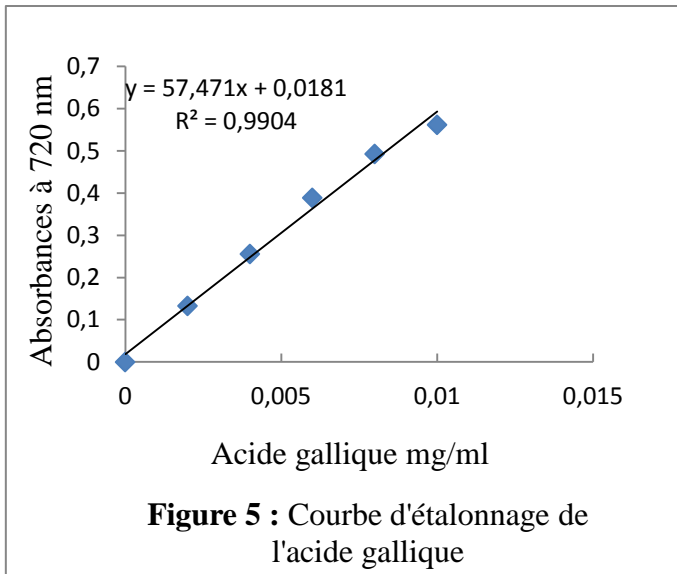
## Z

**Wu ZG, Xu HY, Ma Q, Cao Y, Ma JN, Ma CM. 2012.** Isolation, identification and quantification of unsaturated fatty acids, amides, phenolic compounds and glycoalkaloids from potato peel. Food Chemistry. 135 : .2429-2425



**ANNEXE**





## Résumé

Dans un contexte de valorisation, des méthodologies pour l'optimisation d'extraction des antioxydants ont été proposées, tenant compte des rendements en composés phénoliques et de l'activité antioxydante des extraits obtenus à partir des pelures de pommes de terre. La méthode séquentielle indique que le solvant adéquat pour l'extraction des composés phénoliques et de l'activité anti radicalaire est l'éthanol à une concentration de 70%, à une température de 60°C et un temps de 30min. Les concentrations optimales suivant cette méthode sont de 49mg EAG/100g et 55mg EAG/100g pour les composés phénoliques et l'activité antioxydante, respectivement. L'application de la MSR à trois facteurs (solvant, temps, température) avec les trois niveaux (-1, 0, +1) révèle que les concentrations en composés phénoliques 51,83mg EAG/100g et l'activité anti radicalaire 60,16mg EAG/100g sont obtenus avec une concentration en éthanol de 78,58%, à une température de 63,02 °C et un temps de 39,21min. Les coefficients de déterminations confirment une haute significativité des modèles de réponses pour les composés phénoliques et l'activité antioxydante. Les résultats obtenus pour le dosage des composés bioactifs montrent que les pelures de pommes de terre sont une bonne source d'antioxydants capables de limiter les phénomènes d'oxydation, tout en contribuant à la valorisation de ces sous produits.

*Mots clés : pelures de pommes de terre, composés phénoliques, activité anti radicalaire, méthode séquentielle, MSR, optimisation.*

## Abstract

In a context of valorization, methodologies for optimizing extraction of antioxidants are proposed, taking into account the yields in phenolic compounds and the antiradical activity of extracts obtained from potato peels. The sequential method indicated that the best solvent for the extraction of phenolic compounds and antiradical activity was ethanol at a concentration of 70%, a temperature of 60 °c during 30min. The optimum concentrations following this method were 49mg GAE/100g and 55mg GAE/100g for phenolic compounds and antioxidant activity, respectively. The application of the MRS to three-factors (solvent, time, temperature) with the three levels (-1, 0, + 1) revealed that the concentrations of phenolic compounds 51, 83mg GAE/100g and the anti-radical activity 60, 16mg AGE/100g were obtained with a concentration of ethanol 78.58%, a temperature of 63.02 °c during 39, 21min. The determination coefficients confirmed a high significance of the response models for phenolic compounds and antioxidant activity. The results obtained for the determination of bioactive compounds showed that potato peels were a good source of antioxidant capable of limiting oxidation phenomena, while contributing to the valorization of these by-products.

*Key words: Potato peels, phenolic compounds, antiradical activity, sequential method, MRS, optimization.*