

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE CONSTANTINE1

INSTITUT DE LA NUTRITION, DE L'ALIMENTATION ET DES
TECHNOLOGIES AGRO-ALIMENTAIRES (INATAA)

Département de Nutrition Humaine

N° d'ordre :

Série :

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Magister en Sciences
alimentaires, Option Nutrition Humaine

Présenté par : BECILA Fatima Zohra

Enquête sur la consommation des polyphénols
auprès d'un échantillon de 200 personnes de la
région de Constantine

Devant le jury :

Président : Pr AGLI A. (INATAA, UC1)

Rapporteur : Pr BARKAT M. (INATAA, UC1)

Examinatrices : Pr KHARROUB K. (INATAA, UC1)

: Dr OULAMARA H. (INATAA, UC1)

2013-2014

DEDICACE

A la mémoire de mon père

A ma mère

A mon très cher mari

A mes fils Oussama et Amir

A mes frères et sœurs

A toute ma famille qui m'a permis de prendre les voies

que je désirais dans ma vie

A tous mes amis

A tous ceux qui souffrent

d'une maladie pathologique chronique

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à remercier dieu tout puissant de m'avoir donné la force, le courage et la patience pour mener a terme ma formation de magister.

Mes remerciements les plus vifs s'adressent à mon directeur de thèse, le professeur BARKET Malika qui m'a accordé l'honneur de diriger ce travail, sa précieuse aide, Merci également pour votre encadrement, Je vous adresse ma profonde reconnaissance pour vos remarques et conseils en vue d'améliorer ce manuscrit et pour le temps qu'il a consacré pour diriger cette thèse.

J'exprime ma profonde gratitude à Monsieur le professeur AGLI Adel-Nacer, d'avoir accepté la présidence du jury de cette thèse, qu'il trouve ici l'expression de mon profond respect.

Mes remerciements s'adressent également au professeur KHARROUB Karima et au Docteur OULAMARA Hayet, qui ont accepté d'examiner ce travail et de participer à ce jury.

Mes remerciements vont également à l'adresse de toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

En fin je remercie du fond de mon cœur, toute ma famille qui m'a soutenue, encouragée et motivée tout au long de mes études.

SOMMAIRE

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	

INTRODUCTION	1
---------------------------	---

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

1. Radicaux libres	3
1.1. Généralités.....	3
1.2. Principaux radicaux libres et leurs origines.....	3
1.2.1. Principaux radicaux libres	3
1.2.2. Origines des radicaux libres.....	4
1.2.2.1. Production endogène de radicaux libres.....	4
1.2.2.2. Formation de radicaux libres par voie exogène.....	6
1.3. Rôle pathogène des radicaux libres.....	7
2. Stress oxydant.....	8
2.1. Généralités.....	8
2.2. Origine.....	8
2.3. Conséquences.....	8
2.4. Pathologies liées au stress oxydatif.....	9
3. Antioxydants.....	10
3.1. Généralités.....	10
3.2. Origines	10
3.3. Mécanismes d'action des antioxydants.....	10
3.3.1. Moyens de défense endogène.....	11
3.3.2. Moyens de défense exogène.....	11
4. Polyphénols.....	12
4.1. Généralités.....	12
4.2. Structure et classification.....	13
4.2.1. Flavonoïdes.....	13
4.2.2. Non-flavonoïdes.....	14
4.3. Sources alimentaires des polyphénols.....	15
4.4. Besoins journaliers en polyphénols.....	16
4.5. Biosynthèse des polyphénols.....	16
4.6. Biodisponibilité des polyphénols.....	18
4.7. Alimentation riche en polyphénols et rôle préventif	21
4.7.1. Prévention des maladies cardio-vasculaires.....	21
4.7.2. Prévention des cancers.....	22
4.7.3. Prévention de l'ostéoporose.....	22
4.7.4. Prévention du syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA).....	22

4.7.5. Prévention d'hypertension artérielle.....	22
4.7.6. Prévention d'hypercholestérolémie.....	22
4.7.7. Prévention du diabète.....	23
4.7.8. Prévention de la maladie d'Alzheimer et autres démences.....	24
4.8. Activités biologiques et effets thérapeutiques des polyphénols.....	24
4.8.1. Activité antioxydante.....	24
4.8.2. Autres activités.....	25
4.9. Facteurs influençant la teneur en polyphénols des aliments.....	26
4.9.1. Facteurs intrinsèques.....	26
4.9.2. Facteurs extrinsèques.....	28
4.10. Interactions polyphénols / nutriments.....	30
4.10.1 Interactions polyphénols / macronutriments.....	30
4.10.1.1 Interactions spécifiques.....	30
4.10.1.2. Interactions non spécifiques en lien avec la solubilité des polyphénols.....	31
4.10.1.3. Influence des interactions polyphénols/macronutriments sur le pouvoir antioxydant des polyphénols.....	31
4.10.2. Interactions polyphénols / micronutriments.....	32
4.10.2.1. Chélation des ions métalliques.....	32
4.10.2.2. Antioxydants synergistes.....	33
5. Enquêtes alimentaires.....	33
5.1. Généralités.....	33
5.2. Choix de l'enquête.....	33
5.3. Méthodes d'enquêtes alimentaires.....	33
5.3.1. Méthodes par interview.....	33
5.3.1.1. Histoire alimentaire par l'interrogatoire.....	33
5.3.1.2. Rappel des 24 heures.....	34
5.3.1.3. Questionnaire de fréquence de consommation.....	34
5.4. Méthodes par pesée.....	34
5.4.1. Pesée des aliments à chaque repas.....	34
5.4.2. Pesée avec analyse chimique.....	34
5.5. Méthodes par enregistrement sur agenda ou semainier.....	34
6. Enquêtes épidémiologiques.....	35
6.1. Enquêtes expérimentales.....	35
6.2. Enquêtes d'observation.....	36
6.2.1. Etudes descriptives.....	36
6.2.2. Etudes analytiques.....	36

METHODOLOGIE

1. Rappel des objectifs de l'enquête.....	38
2. Echantillonnage.....	38
3. Enquête.....	38
3.1. Pré-enquête.....	38

3.2. Déroulement de l'enquête.....	39
4. Description du questionnaire.....	39
5. Difficultés rencontrées au cours de la réalisation de l'enquête.....	39
6. Conversion, codage et saisie des données.....	41
7. Saisie et traitement statistique des données.....	41

RESULTATS

1. Identification et renseignements personnels des sujets interrogés.....	43
1.1. Présentation de l'échantillon interrogé.....	43
1.2. Répartition des sujets selon l'Indice de Masse Corporelle (l'IMC).....	43
1.3. Résidence des sujets.....	44
1.4. Niveau d'instruction des sujets interrogés.....	44
1.5. Niveau socioprofessionnel des sujets interrogés.....	45
1.6. Distances par rapport au lieu de travail et moyens de transport utilisés.....	45
1.7 Renseignements médicaux/antécédents familiaux et personnels.....	46
1.8 Renseignements sur le comportement des sujets interrogés vis-à-vis du tabagisme.....	49
1.9. Pratique ou non du sport.....	51
1.10 Différents types de stress rencontrés.....	52
1.11 Différentes manières de détente.....	53
2. Renseignements sur les aliments consommés contenant des polyphénols.....	53
2.1 Fréquence de consommation des aliments contenant des polyphénols.....	53
2.2. Modes de consommation des légumes.....	56
2.3. Consommation des fruits et légumes selon les saisons.....	56
2.4. Consommation des fruits et légumes avec ou sans enveloppe.....	57
2.5. Taille de fruit.....	58
2.6. Conservation des légumes et des fruits.....	58
2.7. Autres aliments consommés contenant des polyphénols.....	60
2.7.1. Produits céréaliers.....	60
2.7.2. Produits gras.....	60
2.7.3. Produits sucrés.....	61
2.7.4. Boissons.....	62
2.8. Estimation de la moyenne de consommation journalière des différents produits.....	63
3. Comparaison entre les sujets sains et les sujets malades.....	64
3.1. Facteurs de risque et état de santé des sujets interrogés.....	64
3.1.1. Surcharge pondérale.....	64
3.1.2. Cas de mort subite dans les familles.....	64
3.1.3. Tabagisme.....	65
3.1.4. Antécédents familiaux.....	67
3.1.5. Fréquence et types de stress rencontré.....	68
3.1.6. Syndrome de sédentarité.....	68
3.2. Etat de santé des sujets interrogés et facteurs de prévention.....	69
3.2.1 Activité sportive.....	69
3.2.2. Consommation quotidienne des groupes d'aliments.....	70

3.2.3. Conservation des fruits et légumes.....	71
3.2.4. Préparation des boissons.....	71
3.2.5. Consommation des aliments contenant des polyphénols.....	72
3.2.5.1. Fréquence journalière de consommation des aliments riches en polyphénols.....	72
3.2.5.2. Modes de consommation des aliments.....	72
3.2.5.3. Consommation journalière moyenne des aliments contenant des polyphénols.....	74
4. Estimation de la consommation journalière en polyphénols.....	78
5. Estimation de la teneur en polyphénols chez les sujets interrogés consommant quotidiennement la majorité des aliments.....	78
6. Corrélation entre état de santé et quantité des polyphénols totaux ingérée par jour chez les personnes interrogées consommant la majorité des produits contenant des polyphénols.....	78
7. Corrélation entre état de santé et quantité des polyphénols totaux ingérée par jour chez les personnes interrogées consommant la majorité des produits contenant des polyphénols.....	79

DISCUSSION

1. Caractérisation de l'échantillon étudié.....	80
2. Renseignements sur les aliments consommés contenant des polyphénols.....	82
3. Consommation journalière des polyphénols.....	86
4. Comparaison entre le groupe malade et le groupe sain.....	87

CONCLUSION	91
-------------------------	----

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	93
--	----

ANNEXES	104
----------------------	-----

Liste des figures

Synthèse bibliographique

Figure 1. Sources des espèces oxygénées réactives.....	7
Figure 2. Principales conséquences du stress oxydant.....	9
Figure 3. Schéma général des systèmes antioxydants	12
Figure 4. Structures de base des principaux flavonoïdes.....	14
Figure 5. Représentation des voies de biosynthèse des polyphénols.....	18
Figure 6. Biodisponibilité des flavonoïdes.....	20

Résultats

Figure 7. Répartition des sujets en fonction de leur corpulence (état pondéral).....	43
Figure 8. Répartition des sujets selon le lieu de résidence.....	44
Figure 9. Niveau d'instruction des sujets interrogés.....	44
Figure 10. Niveau socioprofessionnel des sujets interrogés.....	45
Figure 11. Distances par rapport au lieu de travail et moyens de transport utilisés.....	46
Figure 12. Atteinte ou non de maladies des sujets interrogés.....	46
Figure 13. Répartition des sujets malades selon le type de maladie.....	47
Figure 14. Répartition des patients selon la durée de la maladie.....	47
Figure 15. Répartition des patients selon le régime alimentaire suivi.....	48
Figure 16. Répartition des patients selon les aliments conseillés.....	48
Figure 17. Principales causes de mort subite dans les familles selon les sujets interrogés.....	49
Figure 18. Répartition des personnes interrogées en fonction des liens de parenté avec des patients ayant une maladie chronique.....	49
Figure 19. Répartition des sujets interrogés en fonction des principaux lieux de fréquentation des gens fumants.....	50
Figure 20. Répartition des personnes interrogées en fonction du sport pratiqué.....	51
Figure 21. Répartition des sujets en fonction du nombre de séances pratiquées.....	51
Figure 22. Durée des séances de pratique de sport.....	52
Figure 23. Répartition des personnes interrogées selon le type de stress cité.....	52
Figure 24. Répartition des personnes interrogées selon les différentes manières de détente.....	53
Figure 25. Répartition des sujets interrogés en fonction de la fréquence de consommation des légumes et fruits par jour.....	55
Figure 26. Raisons du non consommation quotidienne des légumes, fruits, boissons et tisanes.....	55
Figure 27. Répartition des légumes et fruits en fonction de la consommation saisonnière ou annuelle.....	57
Figure 28. Répartition des sujets selon la saison de consommation des fruits et légumes.....	57
Figure 29. Répartition des personnes interrogées en fonction de la consommation des légumes et fruits sans ou avec enveloppe.....	58

Figure 30. Répartition des personnes interrogées selon la taille du fruit consommé.....	58
Figure 31. Raisons du non conservation des fruits et légumes.....	59
Figure 32. Ordre et fréquence de préparation des boissons.....	60
Figure 33 : Répartition des sujets interrogés en fonction de la fréquence de consommation des produits céréaliers.....	60
Figure 34. Répartition des sujets personnes interrogés en fonction de la fréquence de consommation des produits gras par jour.....	61
Figure 35. Répartition des sujets interrogés en fonction du mode de consommation des aliments gras.....	61
Figure 36. Répartition des sujets interrogés en fonction de la fréquence de consommation des produits sucrés par jour.....	62
Figure 37. Répartition des sujets interrogés, en fonction de la période de consommation des produits sucrés.....	62
Figure 38. Répartition des sujets interrogés en fonction de l'état de consommation des boissons de la fréquence de consommation des boissons par jour.....	63
Figure 39. Répartition des personnes interrogées en fonction de la fréquence de consommation des boissons par jour.....	63
Figure 40. Répartition des sujets en fonction de la surcharge pondérale chez les deux groupes (sains et malades).....	64
Figure 41. Pourcentage de mort subite dans les familles des sujets malades et des sujets sains.	65
Figure 42. Causes de la mort subite dans les familles des sujets interrogés.....	65
Figure 43. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon le facteur de tabagisme...	66
Figure 44. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon le niveau de tabagisme.....	66
Figure 45. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon la fréquentation des fumeurs.....	67
Figure 46. Pourcentage d'antécédents familiaux dans les deux groupes (sain et malade).....	67
Figure 47. Pourcentage des sujets stressés.....	68
Figure 48. Pourcentage d'utilisation des moyens de transport.....	68
Figure 49. Moyens de détente.....	69
Figure 50. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon l'activité sportive.....	69
Figure 51. Répartition des sujets interrogés en fonction de la durée de l'activité sportive....	70
Figure 52. Consommation quotidienne des produits alimentaires chez les sujets sains et les sujets malades.....	70
Figure 53. Répartition des sujets selon la conservation ou non des fruits et légumes.....	71
Figure 54. Répartition des sujets en fonction de la fréquence de préparation des boissons.....	71
Figure 55. Pourcentage de consommation de certains fruits et légumes avec enveloppe.....	73
Figure 56. Répartition des sujets sains et malades en fonction du mode de consommation des légumes.....	73

Liste des tableaux

Synthèse bibliographique

Tableau 1. Principales espèces réactives de l'oxygène.....	4
Tableau 2. Classification des flavonoïdes.....	14
Tableau 3. Capacité antioxydante totale de plusieurs fruits et légumes mesurée par le test ORAC)...	26
Tableau 4. Activités biologiques des composés polyphénoliques.....	27
Tableau 5. Teneur en phénols totaux (g / kg FW).....	28

Résultats

Tableau 6. Répartition des sujets par sexe et par tranches d'âge.....	43
Tableau 7. Pourcentages des personnes interrogées fumeurs et non-fumeurs et leurs situations au passé et au présent.....	50
Tableau 8. Classement des aliments contenant des composés polyphénoliques selon la consommation quotidienne.....	54
Tableau 9. Répartition des sujets interrogés en fonction des modes de consommation quotidienne des légumes.....	56
Tableau 10. Durée de conservation des légumes et fruits selon l'effectif des conservateurs.....	59
Tableau 11. Moyennes de consommation journalière des différents produits.....	64
Tableau 12. Fréquence journalière de consommation des aliments chez les sujets sains et les sujets malades interrogés.....	72
Tableau 13. Consommation journalière moyenne des aliments (g/ jour).....	74
Tableau 14. Répartition des sujets interrogés selon la quantité des polyphénols totaux ingérés par jour.....	78
Tableau 15. Corrélation entre l'état de santé des sujets interrogés et la quantité des polyphénols totaux ingérés par jour.....	79

Liste des abréviations

ADN	Acide désoxyribonucléique	HPETE	Acide hydroperoxyeicosatétraénoïque
AE	Equivalents aglycones	HSP	Heat shock proteins (Protéines de choc thermique)
AJR	Apport journalier recommandé	IMC = (BMI)	Indice de Masse Corporelle= (Body Mass Index)
AGE	Advanced Glycation End products (Produits avancés de la glycosylation)	IPC	Indice de peroxyde chimique
AGPI	Acides gras polyinsaturés	LDL	Low density lipoprotein (Lipoprotéines de faible densité)
ATP	Adénosine triphosphate	MA	Maladie d'Alzheimer
BHT	Hydroxytoluène tert-butylé (Hydroxytoluène butylé)	MCI	Mild Cognitive Impairment (Déficiences cognitives légères)
CCl₄	Tétrachlorure de carbone	NADH	Nicotinamide adénine dinucléotide, forme réduite
EGCG	Epigallocatechine gallate	NADPH	Nicotinamide adénine dinucléotide phosphate, forme réduite
ERO	Espèces réactives de l'oxygène	NHDC (E959)	Néo hespéridine dihydrochalcone
EVA	Etude du Vieillissement Artériel	NO₂	Dioxyde d'azote
F&L	Fruits et légumes	NO	Oxyde nitrique (Oxyde d'azote)
FAD	Flavine adénine dinucléotide	O₂^{-•}	Anion superoxyde
FADH₂	Flavine adénine dinucléotide, forme réduite	•O₂	Oxygène singlet
GAE	Equivalents acide gallique	OH⁻	Radical hydroxyle
GSH	Glutathion	PLA₂	Phospholipase A ₂
GSH-Px	Glutathion peroxydase	RO[•]	Radical alcoxyle
GSSG	Glutathion oxydé	ROO[•]	Radical peroxyde
GST	Glutathion S transférase	ROOH	Hydroxyperoxydes
H₂O₂	Peroxyde d'hydrogène	SOD	Superoxyde dismutase
HETE	Acide hydroxyeicosatétraénoïque	XO	Xanthine oxydase
HIV	Human Immunodeficiency Virus		
HNO₂	Acide nitreux		

INTRODUCTION

L'état nutritionnel de l'homme est conditionné essentiellement par ses relations avec son environnement physique, biologique et culturel. L'alimentation des populations, sous différentes latitudes et dans les différents continents, est marquée par la diversité des modèles de consommation alimentaires. Pour montrer l'existence de relations entre certaines consommations et le développement de certaines pathologies nutritionnelles chez une population donnée, il est indispensable de connaître ses différents modèles de consommation alimentaires (GOUSSARD, 1999).

La connaissance de l'alimentation des différents peuples permet de soulever le problème de l'adaptation de l'homme à des modèles très divers (variabilité) et d'essayer de comparer géographie de l'alimentation et géographie de la santé (BRAT *et al.*, 2006).

Les polyphénols représentent les antioxydants les plus abondants dans nos régimes alimentaires, ils proviennent exclusivement des aliments d'origine végétale. Les principales sources sont les fruits et légumes, les boissons (vin, thé, café, jus de fruits), les céréales et les légumes secs. Leur effet principal est de contrer l'effet du stress oxydant qui se produit lorsque l'homéostasie redox de la cellule est altérée par la production des radicaux libres. Ces derniers constituent un facteur important dans l'apparition et le développement de certaines maladies telles que les maladies cardiovasculaires, le diabète, la cholestérolémie, l'hypertension artérielle et certains cancers (SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006).

Plusieurs études ont été réalisées sur l'impact de la consommation de végétaux sur la santé. La plupart ont mis en évidence une baisse du facteur de risque pour de nombreuses affections (infarctus, cancers du poumon, du côlon, de l'estomac, du rein, de la prostate et du sein). Les polyphénols présentant une activité antioxydante, sont de plus en plus étudiés. En effet, l'oxydation est un phénomène largement répandu aussi bien dans le domaine alimentaire (oxydation des lipides) que physiologique (stress oxydant). L'ingestion de polyphénols par l'intermédiaire des fruits et des légumes pourrait permettre à notre organisme de renforcer ses moyens de défense contre les processus d'oxydation qui menacent quotidiennement nos cellules, même si les mécanismes mis en jeu dépassent sans doute largement la réduction directe des espèces oxygénées réactivées par les polyphénols (KHAN, 2010).

Les études épidémiologiques cherchent souvent à mettre en évidence l'association entre l'exposition à un facteur de risque et la survenue d'une maladie ou d'une façon plus générale entre une cause et un effet (DABIS *et al.*, 2010). Elles représentent une des clés

nécessaires pour l'établissement de recommandations nutritionnelles (BOUAYED et *al.*, 2008). Certaines de ces études épidémiologiques en sont encore à leur début notamment celles portant sur les polyphénols. Les progrès sont rendus difficiles par l'insuffisance des tables de compositions alimentaires pour les polyphénols (BRAT et *al.*, 2006).

Notre travail est une contribution visant à estimer l'apport journalier en polyphénols totaux chez un échantillon de 200 sujets choisis au hasard de la région de Constantine et de chercher d'éventuelle corrélation entre l'apport journalier en polyphénols consommé et leurs états de santé. Pour atteindre cet objectif, une enquête alimentaire transversale, visant à rassembler le maximum d'informations sur la consommation des aliments riches en polyphénols, a été réalisée.

Le présent mémoire est structuré en quatre parties : revue bibliographique, méthodologie, résultats et discussion et conclusion finale.

La première partie de ce travail est une recherche bibliographique mettant l'accent sur les radicaux libres, le stress oxydant en particulier les agents oxydants et leurs cibles, les antioxydants en tant que systèmes de protection contre le stress oxydant, des généralités sur les polyphénols et enfin des notions d'enquêtes alimentaires.

La deuxième partie est consacrée à la méthodologie décrivant les deux principaux volets du questionnaire ainsi que les étapes de la réalisation de l'enquête. Dans la troisième partie, nous avons exposé les principaux résultats obtenus de l'enquête réalisée. Enfin, le manuscrit se terminera par une discussion et une conclusion générale qui permettra de dégager quelques perspectives de prolongement à ce travail.

REVUE
BIBLIOGRAPHIQUE

1. Radicaux libre

1.1. Généralités

Le terme radical désignait initialement, pour les chimistes, la partie d'une molécule capable d'une existence indépendante. Aujourd'hui, il renvoie également à des entités éphémères susceptibles d'entrer extrêmement vite en interaction avec d'autres composés (GOUSSARD, 1999). Un radical libre est une espèce, atome ou molécule, contenant un électron non apparié. Ce déséquilibre n'est que transitoire et il est comblé soit par l'acceptation d'un autre électron soit par le transfert de cet électron libre sur une autre molécule. Ces espèces radicalaires très instables et très réactives sont produites d'une manière continue au sein de notre organisme, dans le cadre de nombreux phénomènes biologiques (MARFAK, 2003).

Les radicaux libres sont des molécules à base d'oxygène ou d'azote. Ils sont créés à la suite d'une réaction d'oxydation normale. Lorsque un radical libre interagit avec une autre molécule, un nouveau radical libre est créé. Les réactions d'oxydations ont souvent lieu à l'intérieur de la membrane cellulaire ou dans les régions avoisinantes et peuvent endommager les parois intérieures des cellules. Certains radicaux libres ciblent les mitochondries à l'intérieur des cellules et entravent leur capacité à produire de l'énergie. D'autres radicaux libres ciblent l'ADN (CHARLES et BENBROOK, 2005).

Les espèces réactives de l'oxygène sont une famille d'entités chimiques regroupant les dérivés non radicalaires (ne possédant pas d'électron célibataire) dont la toxicité est importante [anion peroxyde (O_2^{2-}), peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), peroxyde d'azote ($ONOO^-$)] et les radicaux libres oxygénés (espèces chimiques possédant un électron célibataire non apparié) [anion super oxyde ($O_2^{\cdot-}$), radical hydroxyle (HO^{\cdot}), monoxyde d'azote (NO^{\cdot}) ...]. On peut distinguer les radicaux primaires, qui ont un rôle physiologique particulier et les radicaux secondaires, issus de la réaction des radicaux primaires avec des entités biochimiques cellulaires (lipides, protéines, glucides...) (BELKHEIRI, 2010).

Les radicaux libres peuvent être considérés comme des déchets du métabolisme cellulaire. Ce sont des atomes et des molécules dotés d'une forte énergie et qui, avant d'être neutralisés détruisent ce qu'ils rencontrent (JUDITH, 2005).

1.2. Principaux radicaux libres et leurs origines

1.2.1. Principaux radicaux libres

Les principaux radicaux libres (RL) dérivés de l'oxygène (tableau1) sont les suivants :

▪ L'anion superoxyde ($O_2^{\bullet -}$) : la molécule d'oxygène, mise en présence d'une quantité d'énergie suffisante, peut acquérir un électron supplémentaire et former ainsi l'anion super oxyde : $O_2 + e^- \rightarrow O_2^{\bullet -}$. Cet anion intervient comme facteur oxydant dans de nombreuses réactions. Parmi les RL du stress oxydant, l'anion superoxyde est celui qui a la réactivité vis-à-vis des substrats la plus faible. Il ne réagit pas avec les acides nucléiques et les protéines.

▪ Le radical hydroxyle ($\bullet OH$) : il est très réactif vis-à-vis des structures organiques et joue un rôle initiateur dans l'auto-oxydation lipidique.

▪ Le radical peroxyde ($ROO\bullet$) : il est très réactif.

▪ L'oxygène singlet (1O_2) : forme « excitée » de l'oxygène moléculaire, est souvent assimilé à un radical libre en raison de sa forte réactivité. Il est produit par transfert d'énergie lumineuse par des protéines telles que la riboflavine, la bilirubine et le rétinol.

▪ Autres [acide hypochloreux ($HOCl$), hydro peroxyde organique ($ROOH$), oxyde nitrique ($\bullet NO$), peroxyde nitrique ($OONO\bullet$)]: ces radicaux libres sont très instables, leur durée de vie est généralement très courte (10^{-4} seconde) (BISBAL et al., 2010)

Tableau 1. Principales espèces réactives de l'oxygène (BISBAL et al., 2010)

Nom	Formule
Espèces réactives de l'oxygène	
Oxygène singlet	1O_2
Radical super oxyde	$O_2^{\bullet -}$
Radical hydroxyle	$\bullet OH$
Peroxyde d'hydrogène	H_2O_2
Radical peroxyde (peroxydes lipidiques)	$ROO\bullet$
Radical alcoxy	$RO\bullet$
Acide hypochloreux	$HOCl$
Espèces réactives de l'azote	
Radical peroxydinitrite	$ONOO\bullet$
Dioxyde d'azote	$NO_2\bullet$
Peroxydinitrite	$ROONO$

1.2.2. Origines des radicaux libres

Les radicaux libres peuvent avoir une origine exogène, autrement dit résulter de l'action chimique de certains constituants de notre environnement ou une origine endogène (respiration mitochondriale, lutte anti infectieuse, activités enzymatiques) (ROUSSEL, 2004).

1.2.2.1. Production endogène de radicaux libres

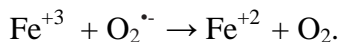
Lors du transport des électrons dans la chaîne respiratoire des cellules aérobies, la respiration oxydative est la principale source d'énergie. L'acétylcoenzyme A issue des métabolismes glucidique, protidique et lipidique entre dans le cycle de KREBS pour l'oxydation complète du reste acétyle en $CO_2 + H_2O$. Les électrons sont transportés sous forme

de coenzymes réduites (FADH₂, NADH, NADPH) qui vont transférer leur pouvoir réducteur sur les systèmes transporteurs d'électrons de la chaîne respiratoire et permettre la synthèse d'ATP. L'étape ultime de la chaîne respiratoire mitochondriale est la synthèse d'eau à partir de l'oxygène : $O_2 + 4 e^- + 4 H^+ \rightarrow 2H_2O$.

Une réduction incomplète de l'O₂ peut apparaître pour 1 à 2% de l'oxygène moléculaire conduisant à la formation de radicaux libres oxygénés : l'oxygène singlet ¹O₂ et surtout l'anion O₂^{•-}. Si l'anion super oxyde est libéré dans un milieu dépourvu de protons, il peut exercer ses effets délétères : de tels milieux se rencontrent au sein des doubles couches phospholipidiques des membranes cellulaires dont la structure aurait tendance à augmenter la durée de vie des radicaux libres. Si cet anion est libéré dans un milieu protoné, il subit une dismutation, phénomène au cours duquel l'anion super oxyde cède son électron célibataire à un autre anion super oxyde qui devient l'anion O₂⁻² ; ce dernier réagit alors avec les protons du milieu pour donner le peroxyde d'hydrogène H₂O₂.

En présence de fer ferreux, le peroxyde d'hydrogène se décompose en OH⁻ et OH[•] selon la réaction de fenton : $Fe^{2+} + H_2O_2 \rightarrow OH^{\bullet} + OH^- + Fe^{3+}$

L'anion superoxyde permet aussi de reformer du fer ferreux à partir du fer ferrique :



L'oxygène formé peut à nouveau entrer dans la chaîne respiratoire et donner O₂^{•-}. Globalement, cette suite de réactions est appelée cycle d'HABER WEISS. La vitesse de la réaction de dismutation de O₂^{•-} est maximale à pH = 4,8, mais est très lente à pH = 7. Une enzyme intervient dans l'organisme pour accélérer cette réaction. Le superoxyde dismutase (SOD), qui multiplie par 10¹⁰ la vitesse de la réaction au pH de l'organisme. Au cours de la défense antibactérienne, lors de la réaction inflammatoire qui accompagne toute infection, les cellules phagocytaires activées vont libérer des enzymes, des médiateurs chimiques tels que l'histamine et la sérotonine, et l'anion super oxyde accompagné d'autres dérivés oxygénés comme l'acide hypochloreux (HClO). La phagocytose des germes bactériens s'accompagne, en effet, d'une production massive d'anions super oxyde par le métabolisme leucocytaire : c'est ce qu'on appelle la « flambée respiratoire ».

Une NADPH oxydase, activée par la protéine kinase C et l'acide arachidonique libéré par la phospholipase A2 (PLA2) intervient et permet la synthèse d'O₂^{•-} au prix d'une forte consommation d'O₂ : $NADPH + H^+ + 2 O_2 \rightarrow 2 O_2^{\bullet-} + NADP + 2 H^+$.

Les radicaux super oxydes constituent l'élément clé de ce mécanisme.

Lors de la synthèse des prostaglandines, la PLA2 catalyse la libération de l'acide arachidonique à partir des phospholipides membranaires. Deux enzymes, la lipooxygénase et

la cyclooxygénase, liées aux membranes plasmiques et microsomales, transforment l'acide arachidonique en dérivés tels que le thromboxane, les prostaglandines ou les leucotriènes. Après action de la lipooxygénase, la transformation d'un hydroperoxyde, l'acide hydroperoxyeicosatétraénoïque (HPETE) en acide hydroxyeicosatétraénoïque (HETE) s'accompagne de la libération du radical hydroxyle OH[•] (HADI, 2004).

1.2.2.2. Formation de radicaux libres par voie exogène

Notre organisme produit en permanence des radicaux libres en réponse à des agressions environnementales (cigarettes, polluants, infections.....) (Figure1) (PARKS et GRANGER, 1986). Les rayonnements UV induisent la synthèse de radicaux libres et de molécules génératrices de radicaux libres (H₂O₂) par l'intermédiaire d'agents photosensibilisants. Les radiations ionisantes provoquent également la génération de radicaux libres dérivés de l'oxygène. L'ingestion d'alcool est suivie de la formation de radicaux libres selon divers mécanismes. La xanthine oxydase et l'aldéhyde oxydase peuvent oxyder le principal métabolite de l'éthanol, l'acétaldéhyde, avec production d'O₂^{•-}. L'éthanol stimule également la production d'anion super oxyde par induction de la synthèse des NADPH oxydase, NADPH cytochrome réductase, et du cytochrome P 450.

Des toxiques tels que l'oxyde d'azote (NO) et le dioxyde d'azote (NO₂), présents dans notre environnement (suies, goudron, tabac, polluants industriels), participent à la genèse de radicaux libres : ils sont responsables d'une auto-oxydation des acides gras polyinsaturés des alvéoles pulmonaires.

La réaction peut être réversible: $\text{NO}_2 + \text{CH}_3\text{CH} = \text{CHCH}_3 \rightleftharpoons \text{NO}_2 \cdot \text{CH}_3\text{CH} \cdot \text{HCH}_3$
 ou irréversible : $\text{NO}_2 + \text{CH} = \text{CH} \rightarrow \text{HNO}_2 + \cdot\text{CH} = \text{CH}$

NO et NO₂ peuvent aussi réagir avec le peroxyde d'hydrogène produit par les macrophages au niveau des alvéoles pulmonaires et donner naissance à des radicaux OH[•]. La fumée de cigarette joue un rôle majeur dans la formation de ces espèces radicalaires : elle contient NO et NO₂, renferme de fortes concentrations en composés insaturés et stimule par son action irritante les macrophages des alvéoles pulmonaires. D'autres toxiques agissent par transfert d'électrons. Il en est ainsi du tétrachlorure de carbone (CCl₄) dont la toxicité s'exerce par l'intermédiaire des radicaux CCl₃[•]. La réduction de CCl₄ en CCl₃[•] s'effectue, soit sous l'action du cytochrome P450 hépatique $\text{CCl}_4 + e^- \rightarrow \text{Cl}^- + \text{CCl}_3 \cdot$, soit en présence de fer ferreux ($\text{CCl}_4 + \text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+} + \text{Cl}^- + \text{CCl}_3 \cdot$).

Enfin, des antibiotiques anticancéreux, tels que les anthracyclines, sont également capables de générer des radicaux libres. La formation d'espèces radicalaires serait responsable de leur

mode d'action anticancéreux et de leur toxicité. Ils agissent selon un mécanisme de transfert d'électrons (HADI, 2004).

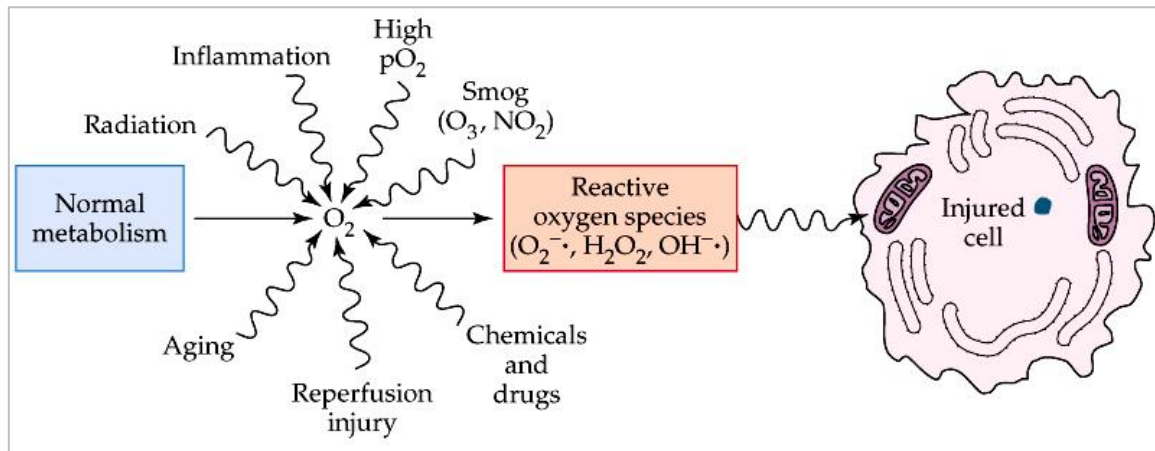


Figure 1. Sources des espèces oxygénées réactives (PARKS et GRANGER, 1986)

1.3. Rôle pathogène des radicaux libres

Les radicaux libres peuvent induire des effets mutagènes ou l'arrêt des réplifications de l'ADN. Ils sont également responsables d'inactivation enzymatique en particulier des sérine-protéases, d'une fragmentation des macromolécules (collagène), de formation de dimères ou d'agrégats protéiniques dans les membranes cytoplasmiques. Les acides aminés les plus sensibles à leur action sont le tryptophane, la tyrosine, la phénylalanine, la méthionine, la cystéine. Il peut s'oxyder dans des conditions physiologiques en présence de trace métalliques en libérant des cétoaldéhydes, H_2O_2 et HO^\bullet . Son oxydation entraîne la coupure de protéines et leur glucation par attachement du cétoaldéhyde (JANUEL, 2003). Ainsi les lipides sont une cible privilégiée des radicaux libres qui provoquent l'oxydation des acides gras polyinsaturés (AGPI) des phospholipides membranaires. Le phénomène d'auto-oxydation ou peroxydation lipidique consiste en l'attaque par un radical libre, d'origine exogène ou endogène, de dérivés lipidiques. Le radical formé (R^\bullet) subit un réarrangement interne, dû à une tautomérie liée au déplacement de la double liaison la plus proche de l'électron célibataire, et existe donc sous 2 formes en équilibre. En présence d'oxygène, il se forme un radical peroxyde (ROO^\bullet) qui déstabilise une deuxième molécule d'AGPI et conduit à un hydroperoxyde lipidique ($ROOH$) et à un nouveau radical (R^\bullet). Cette auto-oxydation se propage et s'amplifie d'un acide gras à l'autre. La peroxydation lipidique provoque une augmentation croissante de la perméabilité des membranes cellulaires induisant une altération irréversible des propriétés fonctionnelles de la cellule (BRACK, 2009).

2. Stress oxydant

2.1. Généralités

Il s'agit d'une agression, une oxydation, des constituants de notre organisme due à un excès de molécules particulièrement nocives que l'on appelle les radicaux libres et qui viennent de l'oxygène que nous respirons pour vivre (BRACK, 2009). C'est un phénomène biochimique normal du métabolisme cellulaire, il se fait au dépend d'un dérèglement minime de la chaîne respiratoire mitochondriale, il en résulte la formation de radicaux libres qui proviennent du déséquilibre entre la production d'espèces réactivées de l'oxygène et du potentiel antioxydant de l'organisme (MYARA, 2002).

2.2. Origine

Le métabolisme aérobie produit des espèces réactives de l'oxygène (ERO) à l'origine d'altérations oxydatives des biomolécules. Les ERO regroupent des radicaux libres oxygénés (super oxyde, hydroxyle, oxygène singlet) et des espèces oxydantes non radicalaires toxiques (peroxyde d'hydrogène, acide hypochloreux, peroxydite).

La chaîne respiratoire mitochondriale est un site important de production des ERO. Environ 2% de l'oxygène y est transformé en radicaux super oxydes (SCHIENGER et LUCA, 2007). Les origines du stress oxydant sont multiples, on cite la rupture d'équilibre en faveur des antioxydants ; le déficit en antioxydants (carences nutritionnelles comme les vitamines et les oligo-éléments) ; la surproduction de radicaux libres (intoxications par les métaux lourds notamment par le mercure, le plomb et le cadmium ou l'irradiation par les UV et les rayons X...) ; les phénomènes d'ischémies/reperfusions (thromboses, exercice) ou les deux, enfin les anomalies génétiques (mauvais codage pour une protéine) (RAHMAN et *al.*, 1999).

2.3. Conséquences

Le stress oxydatif dû aux radicaux libres entraîne des dégâts tissulaires essentiellement par l'oxydation des protéines par l'introduction d'un groupement carbonyle (C=O), fragmentation, perte de la fonction catalytique ou structurale ; l'oxydation des sucres qui, en présence de traces métalliques, entraîne la libération d'H₂O₂ et d'OH[•] (RAHMAN et *al.*, 1999); l'oxydation de l'ADN, à travers les coupures et mort cellulaire, cassures et mutations carcinogènes, erreurs de transcription, erreurs de synthèse (mutation ponctuelle) et erreurs de réplication, conduit à l'apoptose (MYARA, 2002). L'oxydation des lipides conduit à la formation d'hydro peroxydes (ROOH) instables, responsables de la diminution de la fluidité membranaire (acides gras polyinsaturés de lipoprotéines ou de la membrane cellulaire), l'altération du fonctionnement des membranes, le dépôt de lipides oxydés dans les vaisseaux ou les tissus âgés et la genèse de dérivés carcinogènes. En fin il ya un rôle important du stress

oxydatif dans les pathologies qui accompagnent le vieillissement (Figure2) (SCHIEINGER et LUCA, 2007).

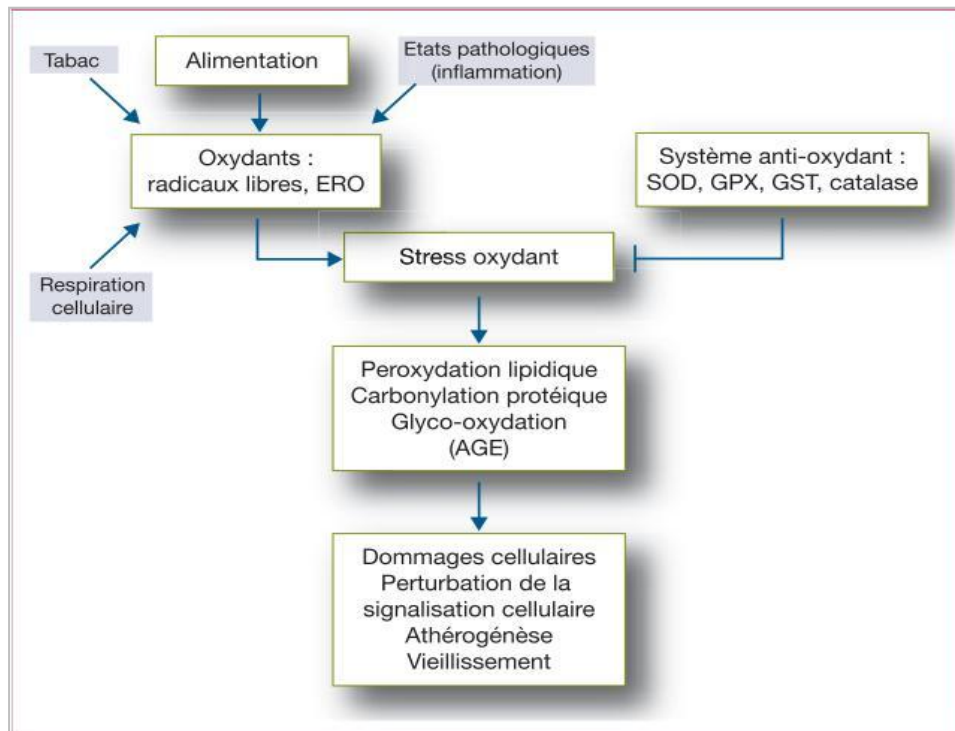


Figure 2. Principales conséquences du stress oxydant (SCHIEINGER et LUCA, 2007).

[AGE : produits avancés de la glycosylation ; SOD : superoxyde dismutase ; GPX : glutathion-peroxydase ; GST : glutathion S transférase]

2.4. Pathologies liées au stress oxydatif

Le stress oxydant est impliqué dans de très nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à l'évolution des complications. La multiplicité des conséquences médicales de ce stress n'a rien de surprenant car, selon les maladies, celui-ci se localisera à un tissu et à des types cellulaires particuliers, mettra en jeu des espèces radicalaires différentes et sera associé à d'autres facteurs variables et à des anomalies génétiques spécifiques à chaque individu. La plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge car le vieillissement diminue les défenses antioxydantes et augmente la production mitochondriale des radicaux ; en faisant apparaître des molécules biologiques anormales et en surexprimant certains gènes. Il est impliqué aussi dans un certain nombre de maladies chroniques : cardiologie et pathologie vasculaire; rhumatologie (polyarthrite rhumatoïde caractérisée par des inflammations récurrentes avec surproduction de RL) ; gastro-entérologie (fibrose kystique du pancréas) ; ophtalmologie (cataracte, rétinopathie diabétique) ; pneumologie (asthme); neuro-gériatrie (Parkinson et Alzheimer) et cancérologie (BOUMAZA, 2009).

3. Antioxydants

3.1. Généralités

Le terme d'antioxydant désigne toute substance qui, présente à faible concentration par rapport au substrat oxydable retarde ou inhibe significativement l'oxydation de ce substrat (JUNGBLUTH, 2008). Les antioxydants sont des molécules capables d'interagir sans danger avec les radicaux libres et de mettre fin à la réaction en chaîne avant que les molécules vitales ne soient endommagées. Chaque molécule antioxydante ne peut réagir qu'avec un seul radical libre, et par conséquent, il faut constamment refaire le plein de ressources anti-oxydantes (PELLI et LYLTY, 2003). Deux catégories peuvent être distinguées : les antioxydants enzymatiques et les antioxydants non enzymatiques, qui sont des composés chimiques (vitamines, oligo-éléments, micronutriments) (CHARLES et BENBROOK, 2005).

3.2. Origines

Pour lutter contre les radicaux libres nocifs, notre organisme possède des systèmes de défense antioxydants. Certains sont endogènes, alors que d'autres sont obtenus à partir de molécules apportées par l'alimentation (exogènes). Le système endogène est formé par des enzymes qui agissent en synergie, à savoir la glutathion peroxydase, la catalase et le superoxyde dismutase (SOD). Les radicaux libres peuvent être produits en excès. De ce fait, notre système endogène de défense se trouve incapable de réduire toutes ces espèces réactives. Pour diminuer ces dommages oxydatifs, notre organisme a alors besoin d'une alimentation riche en antioxydants exogènes. Parmi ces antioxydants, on trouve les vitamines C, E et A, ainsi que les polyphénols (MARFAK, 2003).

3.3. Mécanismes d'action des antioxydants

Les antioxydants sont des régulateurs du taux de pro-oxydants dans l'organisme (BARUS, 2008). Ils sont bénéfiques à la santé humaine en neutralisant les dommages cellulaires causés par les radicaux libres (CHARLES et BENBROOK, 2005). Sous l'appellation d'antioxydant, on distingue des substances qui protègent contre les dégâts occasionnés par les radicaux libres. Au sein de l'organisme, ils protègent les acides gras insaturés, les protéines et le matériel génétique. Ils contribuent à prévenir les maladies engendrées par l'excès de radicaux libres, à renforcer l'activité du système immunitaire, à aider l'organisme à faire face aux polluants exogènes de toutes origines (figure 3) et, enfin, à ralentir le processus de vieillissement (DOBIS et *al.*, 2008). Deux lignes de défense sont mises à la disposition de l'organisme :

3.3.1. Moyens de défense endogène

Pour protéger ses tissus contre toute agression radicalaire, l'organisme humain possède des systèmes enzymatiques, tels que les superoxydes dismutases qui comprend deux formes, la plus importante présente dans le cytoplasme de toutes les cellules, a pour cofacteurs le cuivre et le zinc (Cu Zn-SOD) ; l'autre enzyme a pour cofacteur le manganèse (Mn- SOD) et est située dans les mitochondries. Les superoxyde-dismutases exercent une action cellulaire protectrice : elles catalysent la dismutation de l'anion superoxyde. Ils sont utilisés en thérapeutique (les maladies inflammatoires chroniques) ; ainsi que les glutathion-peroxydases (GSH-Px) qui sont des protéines qui contiennent 4 atomes de sélénium situés aux centres actifs de l'enzyme sous forme de sélénocystéine. Il existe 2 formes de GSH-Px qui diffèrent par leur structure, leur activité et leurs sites antigéniques : une forme à localisation intracellulaire et une forme glycosylée riche en ponts disulfures, à localisation extracellulaire. Les GSH-Px ont une action détoxifiante vis-à-vis de 2 substrats : le peroxyde d'hydrogène et les hydro peroxydes (ROOH) dérivés des lipides. L'activité de détoxification des GSH-Px face aux hydroperoxydes nécessite une autre enzyme, la PLA2. Cette dernière libère les peroxydes d'acides gras des membranes cellulaires en hydrolysant les fonctions esters des phospholipides membranaires. Les peroxydes libérés dans le cytosol sont alors transformés par la GSH-Px tandis que la chaîne d'acides gras manquante est resynthétisée. En fin la catalase qui permet de métaboliser le peroxyde d'hydrogène : $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$. Elle est localisée dans les peroxysomes des cellules et empêche le peroxyde d'hydrogène de participer à la réaction de Fenton. Mais son rôle semble mineur par rapport à celui de la GSH-Px pour prévenir la peroxydation lipidique (HADI, 2004).

3.3.2. Moyens de défense exogène

Toute substance capable de capter l'électron célibataire d'un radical libre sans donner elle même un produit radicalaire est définie comme un piègeur de radicaux libres. Ces piègeurs se caractérisent par leur affinité élevée pour les radicaux libres et leur spécificité pour certains d'entre eux. Il existe des « piègeurs occasionnels » de radicaux libres. Ce sont des molécules endogènes qui captent les électrons célibataires aux dépens de leur propre intégrité, comme par exemple les acides gras insaturés, les fonctions thiols de protéines, l'ADN et les acides aminés phénoliques. Les autres principaux piègeurs sont les chélateurs du fer et du cuivre (HADI, 2004), et le groupe le plus important d'antioxydants naturels

comprend les caroténoïdes, l' α -tocophérol, la vitamine C et les flavonoïdes (annexe1) (SCALBERT, 2004).

De nombreux travaux publiés notamment l'étude menée aux Pays-Bas (Zulphen Elderly Study) auprès de 805 sujets de sexe masculin a mis en évidence une corrélation inverse entre la prise de flavonoïdes d'origine alimentaire (thé, oignons, pommes) et les maladies cardio-vasculaire (HERTOG et *al.*, 1993). D'autres études démontraient que les hydroxy-flavones possèdent un pouvoir antioxydant encore plus puissant que la vitamine C. Les hydroxy-flavones appartiennent à la famille des flavonoïdes. Ce sont des substances très répandues dans le règne végétal faisant partie intégrante de notre nourriture journalière. Un fort intérêt a été centré sur les tanins et plus particulièrement sur les procyanidines pour leur puissant pouvoir antioxydant. Elles apparaissent comme étant essentielles pour le goût (astringence amertume.), la qualité du fruit (couleur et forme) et sa résistance aux stress. Pour ce qui est de leur intérêt pharmaceutique, la complexité de leur étude rend les conclusions parfois difficiles (HADI, 2004).

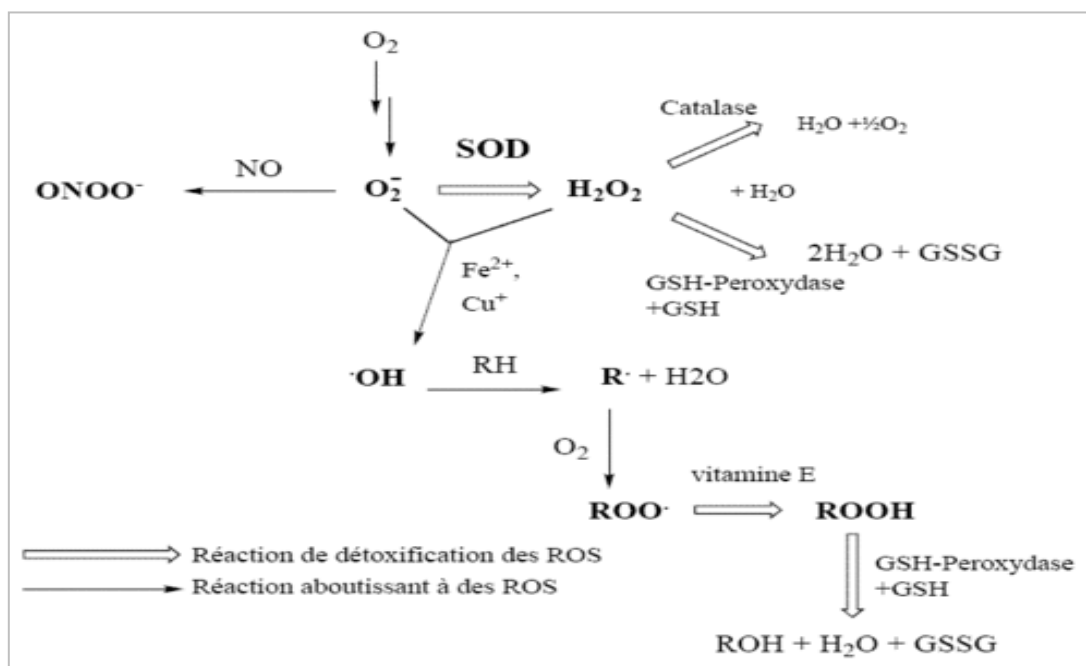


Figure 3. Schéma général des systèmes antioxydants (DOBIS et *al.*, 2008)

4. Polyphénols

4.1. Généralités

Les polyphénols sont des molécules synthétisées par les végétaux. Ils appartiennent à leur métabolisme secondaire et participent à leur défense contre les agressions environnementales (MIDDLETON, 2000). Seule une centaine des quelque cent mille des

substances végétales secondaires découvertes dans les aliments a fait l'objet de recherches plus poussées (EDITA, 2000). Les polyphénols constituent une famille de molécules organiques largement présentes dans le règne végétal. Ils sont caractérisés, comme l'indique le nom, par la présence de plusieurs groupements phénoliques associés en structures plus ou moins complexes généralement de haut poids moléculaire (STANLEY *et al.*, 2003). Ils ont tous en commun la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs hydroxyles. Il est par ailleurs toujours difficile d'utiliser une nomenclature simple et homogène pour désigner les différents composés phénoliques (MACHEIX, 2006). Ils représentent une très large part des micronutriments apportés par notre alimentation en raison de leur présence dans de nombreux aliments et boissons que nous ingérons régulièrement (fruits, légumes, thé, café, chocolat...) (SCHMITT *et al.*, 2004). Ils prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets bénéfiques sur la santé en effet, leur rôle d'antioxydants naturels (CHEN, 2004).

4.2. Structure et classification

Les polyphénols, groupe de molécules de structures variées, trouvent d'ores et déjà une large utilisation (HANNEBELLE *et al.*, 2004). Pour pouvoir étudier les interactions moléculaires, et les propriétés physiologiques qui en découlent, il est nécessaire de connaître avec précision leur structure (MARFAK, 2003). Plus de 8000 structures phénoliques sont actuellement connues (MARTIN et ANDRIANTSITOHAINA, 2002).

Les composés phénoliques ont été caractérisés par la présence d'un ou de plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles. Ils peuvent être regroupés en de nombreuses classes (annexe 1), qui se différencient d'abord par la complexité du squelette de base, 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...) (JEAN-JACQUES *et al.*, 2006 ; SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006). La structure des composés phénoliques va du simple noyau aromatique de faible poids moléculaire jusqu'aux tanins complexes de très haut poids moléculaire, et ils peuvent être classés par le nombre et l'arrangement des atomes de carbone les composant, en fonction de la nature de leur squelette carboné et en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique liée au noyau benzénique. Les composés phénoliques sont capables de se conjuguer à des oses ou à des acides organiques. Ils peuvent être repartis en deux grands groupes : les flavonoïdes et les non-flavonoïdes (CHIRA *et al.*, 2008).

4.2.1. Flavonoïdes

Le terme flavonoïdes désigne une très large gamme de composés naturels appartenant à la famille des polyphénols. Ils sont considérés comme des pigments quasi universels des végétaux (MARFAK, 2003). On recense 4000 flavonoïdes dans le règne végétal. Les flavonoïdes sont eux-mêmes classés en fonction de leur degré d'oxydation en 6 grandes classes (tableau 2) (EDEAS, 2007).

Tableau 2. Classification des flavonoïdes (EDEAS, 2007)

Classes	Molécules
Flavanols	Catéchine
Anthocyanidines	Cyanidine, pelargonidine
Flavones	Apigénine, diosmine, luteoline
Flavanones	Naringénine, naringine, hespétine, hespédine
Chalcones	Phloretine, phloridzine
Flavonols	Quercétine, kaempferol, myricétine, fisétine, morine

Les flavonoïdes ont une origine biosynthétique commune et par conséquent, possèdent tous un même squelette de base à quinze atomes de carbones, constitué de deux unités aromatiques, deux cycles en C6 (A et B), reliés par une chaîne en C3 (figure 4) (BRUNETON, 1999).

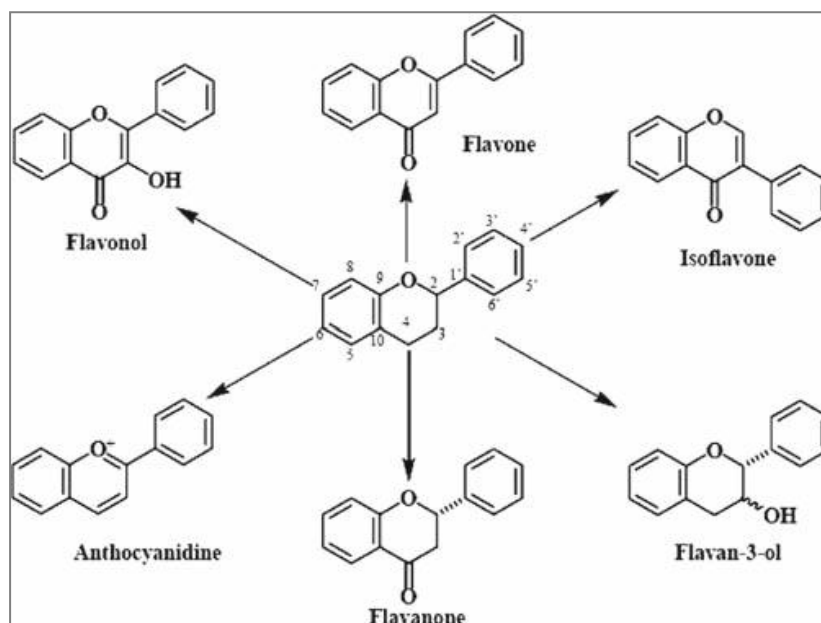


Figure 4. Structures de base des principaux flavonoïdes (CHIRA *et al.*, 2008)

4.2.2. Non-flavonoïdes

Les principaux non-flavonoïdes d'importance alimentaire sont les acides phénoliques, les acides hydroxycinnamiques et les stilbénes (CHIRA *et al.*, 2008).

Les acides phénoliques sont universellement rencontrés chez les plantes. Deux sous-groupes peuvent être distingués : Les acides hydroxybenzoïques, dont les plus répandus sont l'acide salicylique et l'acide gallique, Les acides hydroxycinnamiques, dont les plus abondants sont l'acide caféique et l'acide férulique (NKHILI., 2009).

Les acides hydroxycinnamiques peuvent exister sous deux formes diastéréoisomères (présence de la double liaison de la chaîne latérale): cis (Z) et trans (E). Les formes trans sont les plus abondantes, car thermodynamiquement plus stables. Les acides hydroxycinnamiques sont naturellement présents associés avec diverses molécules provenant de voies métaboliques différentes. On les trouve sous forme : d'esters avec des acides-alcools, dont le plus commun est l'acide quinique. L'acide 5-caféoylquinique est l'acide chlorogénique, composé très répandu dans le règne végétal et l'alimentation; d'esters glycosidiques (sucres liés à la fonction acide); d'hétérosides (sucres liés à la fonction phénolique) (NKHILI., 2009).

Les stilbènes sont des composés phénoliques qui ont une structure C6-C2-C6, possédant deux noyaux benzéniques reliés par un pont méthylène. Le resvératrol (3-4'-5-trihydroxystilbène) est le seul stilbène identifié dans notre alimentation. C'est le composé typique du vin rouge (de 0,3 à 2 mg/g). Ils sont produits par les plantes en réponse à des attaques fongiques, bactériennes ou virales (DERBEL et GHEDIRA, 2005).

4.3. Sources alimentaires des polyphénols

Les polyphénols sont présents partout dans les racines, les tiges, les fleurs, les feuilles de tous les végétaux, tels que les fruits, les légumes, les céréales, les graines oléagineuses et les légumes secs (MAATTA RIIHINEN *et al.*, 2004). Ils sont abondants aussi dans diverses boissons (thé, café et jus de fruits) (SILBERBERG *et al.*, 2006), et le chocolat (SCALBERT, 2006). Les fruits apportent environ 28% de l'apport total en polyphénols lequel est estimé à environ 1g par jour soit 10 fois l'apport en vitamine C et 100 fois celui en vitamine E (COMBRIS *et al.*, 2007).

Les polyphénols, surtout présents dans les fruits et les légumes, suscitent un intérêt croissant pour leur rôle potentiel dans la prévention de certaines maladies. Mais aucune table de composition en polyphénols n'avait encore été établie. En France un vaste projet a été lancé par le biochimiste PIERRE BRAT et ces collègues afin de construire cette table. Ces chercheurs ont publié la première base de données européenne, regroupant 24 fruits et 28 légumes (BRAT *et al.*, 2006).

La nature et les teneurs en polyphénols dans les divers fruits et légumes sont très variables. Le thé vert contient 30 à 40% de polyphénols extractible dans l'eau, tandis que le

thé noir en contient 3 à 4 % (SELMY et *al.*, 2006), les pommes de terre sont des sources importantes d'acides hydroxybenzoïques. Les baies, ainsi que les fraises, peuvent en contenir plusieurs dizaines de milligrammes par kilogramme de fruit frais, principalement sous formes d'acides gallique et p-hydroxybenzoïque. Par ailleurs, les céréales comme le blé et l'avoine contiennent de l'acide vanillique, de l'acide salicylique et de l'acide p-hydroxybenzoïque. Certains condiments (herbes et épices) peuvent également contenir des acides hydroxybenzoïques (CHANFORAN, 2010). Les extraits de salade et d'oignon ont une teneur en polyphénols supérieure à 50 % et 40 % respectivement (acide hydroxycinnamique) (MARTINI, 2004). Les sources les plus importantes de quercétine sont l'oignon (280 à 490 mg/kg), le chou (110 mg/kg), les haricots (45 à 60 mg/kg) et le brocoli (30 mg/kg) (10). Ce composé est également présent dans de nombreux fruits ainsi que dans le vin rouge et le thé noir (MACHEIX et *al.*, 1990). Les tanins sont notamment rencontrés dans les caroubes, les fèves sèches, l'écorce des grenades, les grains, tels que le sorgho et l'orge (DERBEL et GHEDIRA, 2005). Certains fruits, et plus particulièrement les baies (cassis, myrtille, canneberge, mûre, etc.), contiennent des quantités remarquables d'anthocyanes pouvant atteindre plusieurs grammes par kilogrammes de produit frais (CARVALHO et *al.*, 2004). Les petits fruits sont extrêmement riches en acides phénoliques, comme dans le cas de la myrtille. Les flavonols sont essentiellement apportées par l'oignon, pomme, brocoli, haricots verts, chou, petits fruits et thé. On trouve des flavanones dans les agrumes, des isoflavones dans le soja, des flavanols dans le thé, des anthocyanes dans les fruits et légumes colorés (rouges ou bleus) et des proanthocyanidines dans divers fruits et boissons (thé, vin, cidre et chocolat) (EDEAS, 2007) (annexe 2).

4.4. Besoins journaliers en polyphénols

Les apports journaliers de polyphénols ne sont pas exactement connus. La principale raison est l'absence de table complète et précise de composition des aliments (BLAICHE, 2001). Actuellement, peu d'informations sont disponibles sur la consommation quotidienne de polyphénols végétaux dans l'alimentation. Une étude réalisée aux États-Unis a évalué une consommation quotidienne de 1 g/j de flavonoïdes. Les plus grandes quantités de flavonoïdes ingérées proviennent des boissons et des fruits. Une autre étude réalisée aux Pays-Bas, a estimé la consommation moyenne quotidienne de flavonoïdes de 23 mg/j (MARTIN et ANDRIANTSITOHAINA, 2002).

4.5. Biosynthèse des polyphénols

Les polyphénols sont des produits du métabolisme secondaire des plantes. Ils sont synthétisés à partir de deux voies biosynthétiques celle de l'acide shikimique, qui conduit après transamination et désamination, aux acides cinnamiques et à leurs nombreux dérivés tels que les acides benzoïques ou les phénols simples ; et celle issue de l'acétate, qui conduit à des poly β -coesters (polyacétates) de longueur variable menant par cyclisation à des composés polycycliques tels que les dihydroxy-1,8 anthraquinones ou les naphthoquinones. De plus, la diversité structurale des composés polyphénoliques, due à cette double origine biosynthétique est encore accrue par la possibilité d'une participation simultanée des deux voies dans l'élaboration de composés d'origine mixte, les flavonoïdes (MARTIN et ANDRIANTSITOHAINA, 2002).

Les deux acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine) sont à l'origine de la formation de la plupart des molécules phénoliques chez les végétaux (figure 5). Ils sont formés, à partir de sucres simples issus du métabolisme primaire, par la voie bien connue de l'acide shikimique, conduisant à la formation de phénylalanine qui, par désamination, donne le précurseur immédiat des phénols, l'acide cinnamique. La séquence biosynthétique qui suit, dénommée séquence des phénylpropanoïdes, permet la formation des principaux acides hydroxycinnamiques : acides coumarique, caféique, férulique et sinapique, généralement présents dans le matériel végétal sous forme d'esters (esters quinique comme l'acide chlorogénique, esters glucosés...) (AKROUM, 2005).

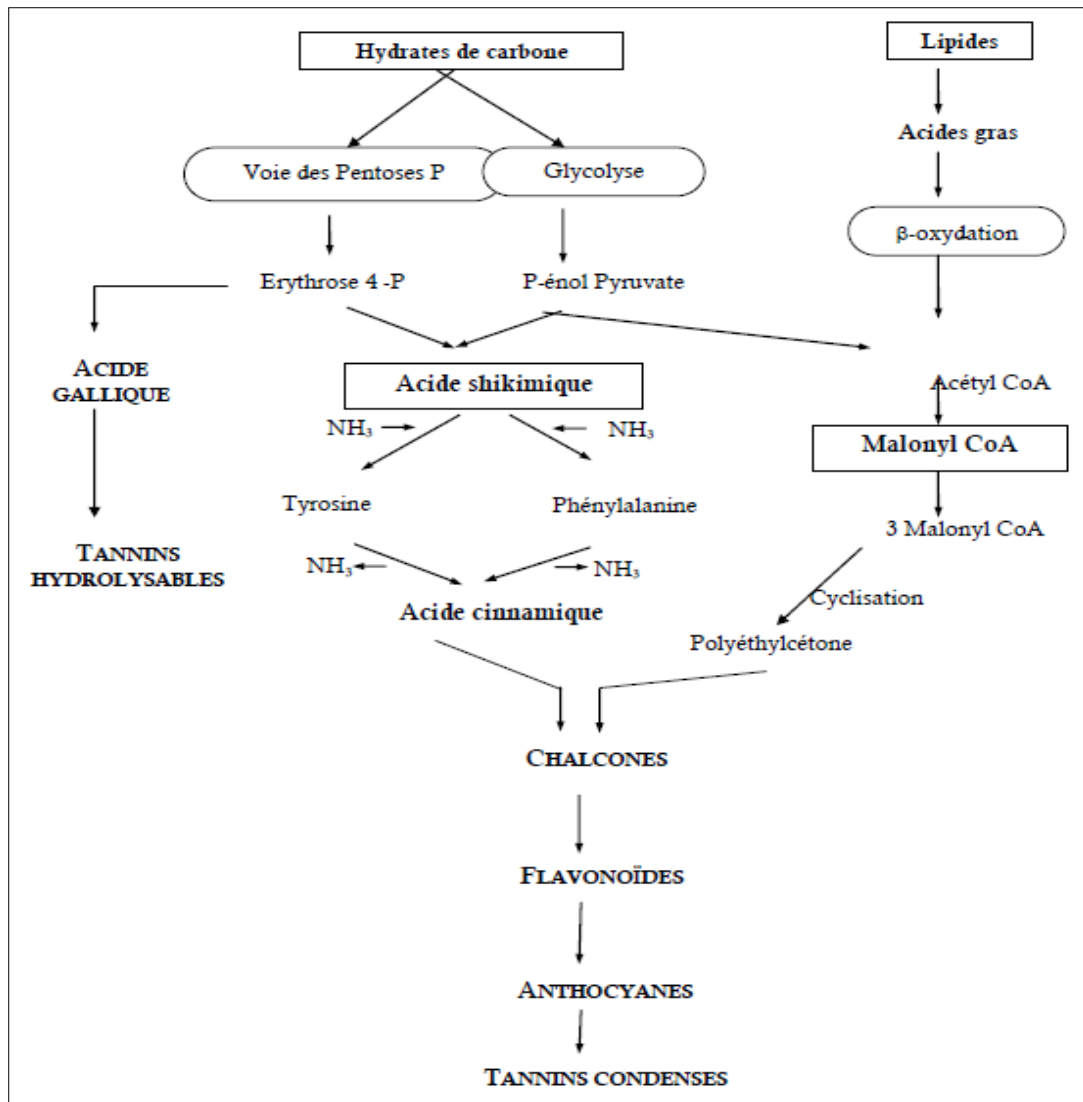


Figure 5. Représentation des voies de biosynthèse des polyphénols (AKROUM, 2005)

4.6. Biodisponibilité des polyphénols

On appelle biodisponibilité d'une substance la proportion qui parvient à la circulation générale après une administration orale ainsi que sa métabolisation, sa distribution et son élimination (MARTIN et ANDRIANTSITOHAINA, 2002). Après un repas, les nutriments se retrouvent en contact avec l'intestin grêle, principal site d'absorption du tube digestif. Leur passage vers la circulation sanguine dépend de leur capacité à franchir l'épithélium intestinal.

Des travaux récents montrent que bien que certains polyphénols soient capables d'emprunter des transporteurs protéiques présents sur les entérocytes, ils sont le plus souvent excrétés vers la lumière intestinale conduisant ainsi à une absorption nette limitée voire nulle (TOURNIAIRE et al., 2005). L'organisme considère les polyphénols comme des substances toxiques, et va chercher à s'en débarrasser en limitant leur absorption au niveau de l'intestin

grêle et/ou en les modifiant de façon à les rendre plus facilement éliminables par les reins et le foie. Ces modifications bloquent les groupements chimiques (hydroxyles) responsables des propriétés anti-radicalaires des polyphénols (EDEAS, 2007).

Au niveau du plasma, l'effet biologique des polyphénols ne semble pas être attribuable à un effet anti-radicalaire direct. En revanche, les polyphénols peuvent moduler l'expression ou l'activité de molécules impliquées dans le processus athérosclérotique, et par exemple diminuer la production de facteurs pro-inflammatoires, et stimuler celle de facteurs anti-inflammatoires. Les polyphénols sont aussi capables de diminuer d'autres facteurs de risque des maladies cardio-vasculaires, comme l'hyperlipémie : ils peuvent inhiber certaines des enzymes clés de la synthèse du cholestérol, et diminuer l'absorption intestinale des triglycérides (TOURNIAIRE, 2007). Un effet anti radicalaire des polyphénols reste toutefois possible au niveau du tube digestif, où ils sont largement majoritaires lors de la digestion. Ils pourraient alors agir en limitant les effets délétères des substances pro-oxydantes présentes dans le repas et protéger les autres antioxydants alimentaires de la dégradation. Enfin, il faut noter qu'un grand nombre de métabolites des polyphénols reste à identifier, notamment ceux issus de la flore du côlon, et que leurs effets biologiques doivent être évalués (HALLIWELL et *al.*, 2005). Les effets sur la santé des polyphénols ne dépendent pas seulement de leurs niveaux de consommation mais aussi de leur biodisponibilité dans le plasma sanguin. A la différence de la vitamine E et des caroténoïdes qui s'accumulent dans le tissu adipeux, les polyphénols ne peuvent pas être stockés. Leur absorption est excessivement variable. Les taux urinaires représentent entre 1 et 25 % des doses ingérées en fonction de la nature des polyphénols. La biodisponibilité des polyphénols a un effet sur la capacité antioxydante des tissus. In vitro, le pouvoir antioxydant de nombreux polyphénols est supérieur à celui de la vitamine C et de la vitamine E. S'ils étaient absorbés comme ces vitamines et non métabolisés, leur impact antioxydant serait considérable. Mais les effets antioxydants au niveau subcellulaire sont difficiles à évaluer. Les polyphénols subissent la plupart du temps une transformation chimique. L'efficacité de l'absorption intestinale dépend largement de la nature des flavonoïdes, et notamment de la glucosylation qui a un effet sur la biodisponibilité. Une meilleure connaissance de la biodisponibilité des polyphénols est indispensable pour expliquer leurs effets protecteurs sur la santé (EDEAS, 2007).

La biodisponibilité des polyphénols varie très largement d'une molécule à l'autre. Certains polyphénols sont bien absorbés à travers la barrière intestinale et se retrouvent dans le sang. C'est le cas de l'épigallocatechine gallate qui présente une concentration plasmatique maximale deux heures après consommation du thé. Cette concentration diminue ensuite pour atteindre une valeur nulle 6 à 9 heures plus tard. L'absorption intestinale des polyphénols est d'autant plus limitée que leur masse moléculaire est élevée (SCALBERT, 1993). Peu d'études systématiques ont été menées sur la pharmacocinétique des flavonoïdes chez l'homme. Toutefois, d'après des expériences menées sur des flavonoïdes provenant de l'alimentation, il apparaît que leur absorption est faible et implique des mécanismes encore mal connus. Seuls les aglycones sont supposés être absorbables, alors que les glycosides, comme la rutine, doivent subir l'hydrolyse de leur liaison osidique par l'action de la microflore intestinale pour leur permettre d'être absorbés au niveau du côlon (figure 6). Les principaux sites de métabolisme sont la flore intestinale et le foie. Les métabolites, glucuro- et sulfoconjugués des flavonoïdes absorbés sont éliminés principalement par la bile, l'excrétion urinaire ne représentant que 3 à 6 % de l'élimination totale (Hadi, 2004). Ces métabolites peuvent être hydrolysés par les enzymes d'origines bactériennes libérant de nouveaux, l'aglycone qui, éventuellement, pourra être absorbé et constitue un recyclage entérohépatique des flavonoïdes qui permet de maintenir une concentration non négligeable dans le sang (SMATI et TAIBA, 2007).

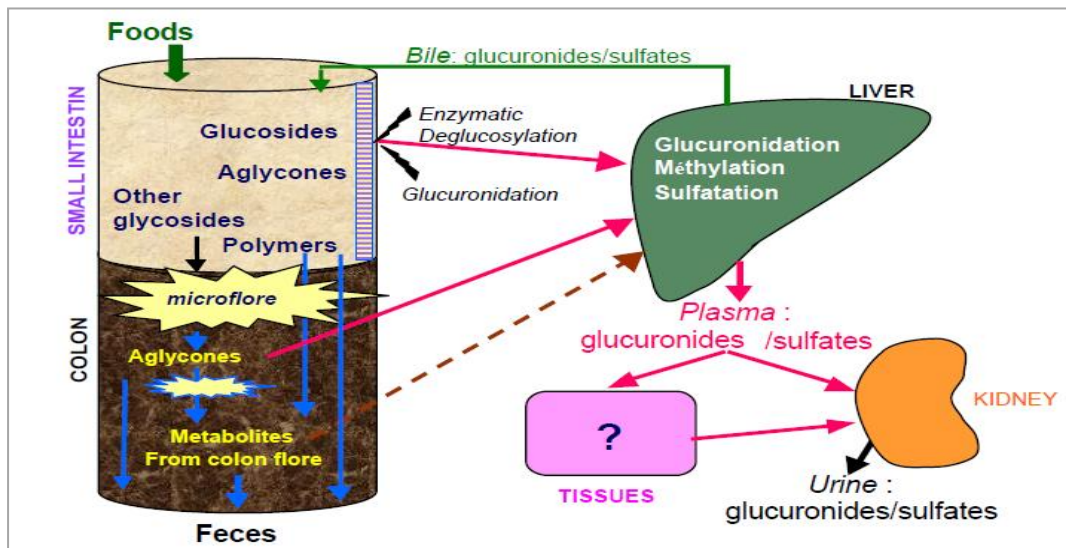


Figure 6. Biodisponibilité des flavonoïdes (ROCK, 2006)

4.7. Alimentation riche en polyphénols et rôle préventif

Depuis le début des années 1970, de très nombreux travaux issus de la recherche fondamentale, clinique et épidémiologique ont cherché à identifier et à préciser le rôle de certains facteurs nutritionnels susceptibles d'intervenir en tant que facteurs de risque, ou au contraire de protection, dans le développement de maladies chroniques (QUINTIN et *al.*, 2003). Les études portant sur les polyphénols connaissent un grand essor. Une grande partie d'entre elles a été réalisée afin d'informer et de sensibiliser les consommateurs et les pouvoirs publics sur l'intérêt des polyphénols (BOUAYED et *al.*, 2008).

4.7.1. Prévention des maladies cardio-vasculaires

De nombreux travaux suggèrent que les polyphénols participent à la prévention des maladies cardio-vasculaires. Leur consommation se traduit par une augmentation transitoire de la capacité antioxydante du plasma dans les heures qui suivent le repas. Parvenus au niveau des artères, ils préviennent l'oxydation des lipoprotéines de faible densité (LDL), qui est l'un des facteurs clé du processus physiopathologique de l'athérosclérose. Les polyphénols agiraient aussi en inhibant l'agrégation plaquettaire impliquée dans le phénomène de thrombose qui peut conduire à l'occlusion des artères (SCALBERT, 2004).

En 1997, NESS et POWLES ont analysé les études cas-témoins, prospectives et d'intervention qui rapportaient une relation entre la consommation de fruits, légumes et leurs composés chimiques et la survenue de cardiopathies ischémiques, d'accidents vasculaires cérébraux et circulatoires. Ces auteurs concluaient que la consommation de fruits et légumes ou de leurs composés était inversement associée à la survenue d'accidents vasculaires cérébraux. Dans une analyse des données de la Nurses' Health Study et de la Professionals' Health Study, HU et *al.* Rapportent en 2003 une diminution du risque relatif de 20% et 18% de cardiopathies ischémiques et une diminution de 31% et 10% des accidents vasculaires cérébraux entre les quintiles supérieurs et inférieurs de consommation de fruits et de légumes, respectivement. Deux études cliniques réalisées aux Etats-Unis et au Chili ont montré que les polyphénols réduisent les risques d'athérosclérose (SCALBERT, 2004). Une compilation d'études prospectives met en avant un effet protecteur probable d'un plus grand apport en flavonoïdes vis-à-vis des maladies cardio-vasculaires (FAO, 2006 ; COMBRIS et *al.*, 2007).

4.7.2. Prévention des cancers

Les polyphénols seraient impliqués dans la prévention des cancers. Ils sont actifs contre de nombreux cancers (colon, estomac, foie, sein, prostate, poumon, peau, vessie, etc.) (SCALBERT, 2004). Plusieurs expérimentations *in vitro* ont prouvé que les flavonoïdes

inhibent la croissance et la prolifération des cellules cancéreuses (GOODMAN, 1997). Présente pratiquement dans tous les types de thé et en particulier dans le thé vert, la catéchine a montré une activité anti-tumorale (BRACKE *et al.*, 1991). La catéchine augmente la résistance du collagène (SCUTT *et al.*, 1987) et inhibe l'activité de la collagénase (MAKIMURA *et al.*, 1993). La quercétine inhibe la croissance cellulaire en empêchant certaines phases du cycle cellulaire et en bloquant les sites récepteurs des hormones (LAROCCA *et al.*, 1994).

Une étude clinique menée par KNEKT *et al.* Portant sur 9959 patients des deux sexes, suivis pendant vingt-quatre ans, a montré l'existence d'une corrélation inverse entre la prise de flavonoïdes (quercétine) et le développement de cancer du poumon (GHEDIRA, 2005). Une étude à la biologie expérimentale en 2004, à Washington, rapporté des effets anti tumoraux des polyphénols de thé vert et noir dans le tissu humain (COMBRIS *et al.*, 2007).

4.7.3. Prévention de l'ostéoporose

Les polyphénols pourraient aussi exercer des effets protecteurs contre les maladies hormono-dépendantes telle que l'ostéoporose en modulant la réponse aux œstrogènes endogènes. Certains polyphénols et plus particulièrement les isoflavones du soja très étudiées ont une affinité remarquable pour les récepteurs des œstrogènes et sont qualifiés pour cela de phyto-œstrogènes. des polyphénols tels la quercétine de l'oignon ou le kaempferol de la chicorée possèdent également des propriétés pseudo-œstrogéniques (WELCH *et al.*, 2007).

4.7.4. Prévention du syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA)

Les flavonoïdes sont capables d'agir au niveau de la synthèse des protéines virales. MUCSi et PRAGAI (1985) ont montré une corrélation entre l'effet inhibiteur de certains flavonoïdes sur divers virus de l'herpès et leur capacité à augmenter les taux intracellulaires en AMPc dans des cellules infectées. Ils ont également mis en évidence un impact des flavonoïdes sur le rétrovirus HIV responsable du syndrome d'immunodéficience acquise (SIDA). De nombreux agents sont susceptibles d'inhiber la réplication du rétrovirus du SIDA par une inhibition de la reverse transcriptase. Toutefois, ils peuvent être toxiques pour l'organisme. Il a été étudié l'impact des flavonoïdes sur la « reverse transcriptase », les flavonoïdes se sont montrés de bons inhibiteurs de cette enzyme. Cependant, leur impact semble plus fort sur l'ADN et l'ARN polymérase de la cellule hôte que sur la reverse transcriptase virale. Des chercheurs ont montré que les flavonoïdes pouvaient avoir une action plus sélective en interagissant avec une glycoprotéine de surface du virus HIV (la gp120), empêchant ainsi la liaison du virus à la cellule hôte. En fait, il semble que l'intérêt éventuel

des flavonoïdes ou d'autres micronutriments pour combattre le virus du SIDA n'ait pas été suffisamment approfondi (HADI, 2004).

4.7.5. Prévention d'hypertension artérielle

L'hypertension artérielle est un facteur de risque majeur d'accident vasculaire cérébral, de maladie cardiovasculaire (infarctus du myocarde, insuffisance cardiaque) et d'atteinte rénale vasculaire. De nombreux arguments sont en faveur d'un effet possible de la consommation d'aliments riches en polyphénols. Cela peut-être expliqué par le fait que ces composés ont la capacité de modifier de nombreux facteurs impliqués dans la genèse de ces maladies. Les polyphénols sont en effet capables d'abaisser la pression artérielle chez le rat (COMBRIS *et al.*, 2007).

4.7.6. Prévention d'hypercholestérolémie

L'hypercholestérolémie est un facteur de risque majeur de cardiopathies ischémiques. Plusieurs composés des fruits et légumes présentent des propriétés hypocholestérolémiantes avérées. Les phytostérols sont des constituants chimiques des plantes. Ils inhibent l'absorption intestinale du cholestérol alimentaire par des mécanismes de compétition directe. Dans des conditions expérimentales contrôlées, l'ingestion de quantités importantes de phytostérols (>2 g/j) diminue les niveaux plasmatiques de LDL-cholestérol chez l'homme (COMBRIS *et al.*, 2007).

4.7.7. Prévention du diabète

A l'opposé du diabète de type I, qui est une affection immunitaire de la cellule β du pancréas, le diabète de type II est une maladie nutritionnelle largement liée à la situation de pléthore alimentaire et de faible activité physique. Il se caractérise par un déficit d'insulino-sécrétion et une insulino-résistance, les 2 mécanismes conduisant à l'hyperglycémie chronique.

L'augmentation de la production de radicaux libres ainsi que le stress oxydatif semblent jouer un rôle important dans la pathogenèse du diabète et ses complications tardives (BENLEMLIH et GHANAM, 2012). Des expériences animales et quelques données épidémiologiques suggèrent qu'un apport suffisant en antioxydants alimentaires joue un rôle bénéfique dans la prévention du diabète de type II (COMBRIS *et al.*, 2007). HAMDEN et ses collaborateurs en 2009, ont étudié l'effet des polyphénols d'olive (à une dose de 20 mg/kg/j) et d'autres composés phénoliques sur le stress oxydatif et l'hyperglycémie chez les rats diabétiques. Après deux mois de traitement, Le taux de glucose dans le plasma des rats traités par l'hydroxytyrosol a diminué de 55 % par rapport aux rats diabétiques non traités. Cette étude démontre pour la première fois que les polyphénols de l'olive, riche en hydroxytyrosol,

sont efficaces pour l'inhibition du stress oxydatif et de l'hyperglycémie. Ainsi, cette étude suggère que l'administration des polyphénols de l'huile d'olive peut être utile dans la prévention des complications diabétiques associées au stress oxydatif (BENLEMLIH et GHANAM, 2012)

4.7.8. Prévention de la maladie d'Alzheimer et autres démences

La démence se caractérise par un déclin cognitif (altération des fonctions cérébrale) associant des troubles de la mémoire. L'alimentation est à ce titre un levier d'action très intéressant, avec des hypothèses physiopathologiques permettant d'envisager un rôle des nutriments contenus dans les fruits et légumes. Seules les études longitudinales prospectives (études de cohorte) sont pertinentes pour montrer que le comportement alimentaire observé a bien précédé le déclin cognitif ou la démence, et non l'inverse. La plupart de ces études sont américaines et reflètent donc des habitudes alimentaires particulières tout en comprenant des proportions importantes d'utilisateurs de suppléments, qui peuvent biaiser les résultats si leur composition précise n'est pas prise en compte. Cependant trois grandes études épidémiologiques françaises réalisées en 2003, comportant à la fois des données nutritionnelles et cognitives répétées en population générale âgée, ont permis d'étudier les relations entre nutrition et vieillissement cérébral : l'étude EVA (Etude du Vieillissement Artériel), l'Etude des 3 Cités (3C) (Three-City Study Group) et l'étude PAQUID (QUID des Personnes Agées). Elles ont permis aussi d'estimer qu'il y a environ 860.000 cas de démence chez les plus de 65 ans en France avec une incidence de 220.000 nouveaux cas par an (Office parlementaire d'évaluation des politiques de santé, 2005 ; COMBRIS et *al.*, 2007).

4.8. Activités biologiques et effets thérapeutiques des polyphénols

4.8.1. Activité antioxydante

Les polyphénols possèdent des propriétés antioxydantes et sont capables de piéger les radicaux libres générés en permanence par notre organisme (MACHEIX et *al.*, 2005). Ils peuvent inhibés les oxydations de façon indirecte, en désactivant l'oxygène singlet, ou en chélatant les métaux de transitions (Fe^{+2} , Cu^{+2}) qui accélèrent fortement l'oxydation des lipides (RICE-EVANS et MILLER, 1996). Certains enfin sont des inhibiteurs des enzymes d'oxydations, en particulier de la lipoxygénase ou cyclo-oxygénase (JAVANOVIC et STEENKEN, 1994). Leur caractère antioxydant contribue à la prévention de pathologies telles que les maladies cardiovasculaires (COOK, 1998) et les cancers (HERTOG, 1993). Ils peuvent aussi interagir de manière spécifique avec des récepteurs cellulaires tels que les récepteurs des œstrogènes pour les isoflavones du soja, et induire ainsi des effets plus

spécifiques sur l'organisme (par exemple inhibition par les isoflavones des bouffées de chaleur pour la femme ménopausée). La somme de ces effets se traduit par des effets santé que l'on commence tout juste à comprendre à travers les expérimentations animales et cliniques (SCALBERT, 2004). Les polyphénols sont surtout des protecteurs vasculaires améliorant la résistance et la perméabilité des vaisseaux aussi bien artériels que veineux. Ils protègent les LDL vis-à-vis de l'oxydation (LEAKE, 1998).

Le test standardisé ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) a été développé par des chercheurs en collaboration avec le ministère de l'agriculture américain dans le but d'évaluer la capacité antioxydante totale (principalement liée aux polyphénols), que représentent 100 g de divers fruits et légumes frais. Les valeurs exprimées en unités ORAC sont reprises pour quelques aliments dans le tableau 10 (PINCEMAILA et al., 2007).

Tableau 3. Capacité antioxydante totale de plusieurs fruits et légumes mesurée par le test ORAC) et exprimée en unité ORAC (PINCEMAILA et al., 2007)

Aliments	Valeur ORAC (unités/100g d'aliment frais)	Aliments	Valeur ORAC (unités/100 g d'aliment frais)
Pruneau sec	5770	Cerise	670
Raisin sec	2830	Kiwi	602
Myrtille	2400	Pamplemousse	483
Cresson	2223	Oignon rouge	450
Ail	2036	Haricot rouge	460
Mûre	1939	Maïs	404
Airelle	1750	Aubergine	400
Chou frisé	1700	Mangue	390
Fraise	1540	Pomme de terre	302
Épinard	1260	Chou vert	301
Framboise	1220	Banane	298
Asperge	1200	Pomme	221
Chou de Bruxelles	980	Carotte	218
Prune	949	Tomate	207
Brocoli	890	Abricot	164
Betterave	840	Pêche	162
Avocat	782	Poire	150
Orange	750	Laitue	148
Raisin rouge	739	Melon	148
Poivron rouge	710	Concombre	65

4.8.2. Autres activités

Les polyphénols possèdent des propriétés antibactériennes, anti-agrégantes plaquettaires, anti-inflammatoires, anti-allergènes, antitumorales et antithrombotiques. Ils ont également la capacité de moduler les processus hémostatiques, vasomoteurs, apoptotiques, prolifératifs et migratoires et finalement le remodelage vasculaire et l'angiogenèse (MARTIN et ANDRIANTSITOHAINA, 2002); et autres activités (BAHORUN, 1997) (tableau4)

Tableau 4. Activités biologiques des composés polyphénoliques (BAHORUN, 1997)

polyphénols	Activités
Acides Phénols (cinnamiques et benzoïque)	Antibactériennes Antifongiques Antioxydantes
Coumarines	Protectrices vasculaires et Anti-œdémateuses
Flavonoïdes	Anti-tumorales Anti-carcinogènes Anti-inflammatoires Hypotenseurs et diurétiques Anti oxydantes
Pro anthocyanidines	Effets stabilisants sur le collagène Antioxydantes Anti-tumorales Antifongiques Anti-inflammatoires
Tannins galliques et caté chiques	Antioxydantes

4.9. Facteurs influençant la teneur en polyphénols des aliments

Plusieurs facteurs intrinsèques et extrinsèques peuvent avoir un impact sur la quantité des polyphénols présents dans les végétaux. Les végétaux présentent une grande diversité de composition et de teneur en phytonutriments. Au-delà de la diversité entre espèces, de nombreuses sources de variations vont moduler ces teneurs au sein de chaque espèce. Les principales sources de variations sont inhérentes aux produits, d'ordre physiologique (liées au développement ou à la localisation dans le fruit ou le légume) ou génétique (lié au grand nombre de variétés disponibles), ou au contraire dépendantes des techniques culturales, des conditions environnementales, et enfin des conditions de conservation et de transformation après récolte (PNNS, 2007).

4.9.1. Facteurs intrinsèques

Il est recommandé de varier son alimentation, la teneur naturelle en nutriments et les propriétés santé d'un végétal pouvant varier fortement d'une espèce ou d'une variété à l'autre. Par exemple, bien qu'ils soient de la même espèce, l'oignon rouge et l'oignon blanc ne possèdent pas la même teneur en quercétine, un polyphénol bénéfique pour la santé (PNNS, 2007).

Il ya souvent une relation négative entre taille des fruits et composition en matière sèche, et par conséquent entre teneur en composés bioactifs et taille des fruits. Par exemple

chez la tomate, l'eau représente environ 95% de la composition des tomates pour les variétés à gros fruits, tandis que cette teneur est plus proche de 92% chez les tomates cerise. A quantité fraîche consommée identique, on consommera donc beaucoup plus de métabolites secondaires chez ces dernières. En général, le pouvoir antioxydant est fortement corrélé à la concentration en composés phénoliques (MATHILDE *et al.*, 2007).

Bien mûrs, les fruits et les légumes acquièrent la couleur, le goût et l'odeur qui les caractérisent et les rend savoureux. Leurs pigments colorés sont des antioxydants (PNNS, 2007). Ces pigments des végétaux qui indiquent que les fruits et les légumes sont mûrs et qui se concentrent principalement dans la peau faisant aussi partie des polyphénols (CARIS *et al.*, 2004). Le degré de maturité du fruit influence fortement la concentration en polyphénols. En général, au cours de la maturation la concentration en acides phénoliques diminue et celle en anthocyanes augmente (MANACH, 2004). La teneur en polyphénols a tendance à diminuer avec la maturation chez l'abricot. Chez la pomme, la teneur en anthocyanes augmente en fin de développement du fruit (MATHILDE *et al.*, 2007).

Des études récentes ont montré que plus le contenu en polyphénols dans les fruits et légumes était important, plus grande était la capacité antioxydante totale de ces aliments (PINCEMAILA *et al.*, 2007).

Beaucoup de métabolites secondaires ont un rôle antioxydant protecteur pour les végétaux contre les agressions de l'environnement (température, lumière) ou celles de pathogènes. On les trouve donc souvent en plus grande concentration dans la peau des fruits ou dans les feuilles externes des légumes feuilles. Cela constitue un dilemme pour le consommateur. Faut-il peler les fruits afin de limiter les risques d'absorption de résidus de pesticides, mais perdre les effets bénéfiques des composés présents dans la peau.

GORINSTEIN *et al* (2002) montrent que les teneurs en phénols totaux et en fibres sont systématiquement supérieures dans la peau que dans la chair des fruits de pomme, poire et pêche (tableau 5).

Tableau 5. Teneur en phénols totaux (g / kg FW) d'après GORINSTEIN *et al* (2002)

	Pêche	Poire	Pomme
Chair	2,4	2,1	6,9
Peau	4,7	4,5	11,1

Chez la tomate, vitamine C, lycopène et polyphénols s'accumulent majoritairement dans la peau et les couches cellulaires sous la peau. Chez la laitue, HOHL *et al* (2001) comparent les teneurs en quercétine de 15 variétés. Ils observent des teneurs dans les feuilles internes variant

de 19 à 152 µg/g de matière fraîche, tandis que les teneurs des feuilles externes, plus exposées à la lumière, varient de 417 à 2482 µg/g. Néanmoins, si en moyenne on trouve 3% des teneurs dans les feuilles internes, ce taux peut atteindre 15-20% chez les variétés les plus riches en quercétine (MATHILDE et *al.*, 2007).

4.9.2. Facteurs extrinsèques

La composition biochimique d'un même végétal peut varier selon la région où il a été cultivé et l'époque de l'année où il a été récolté (PNNS, 2007).

La teneur de la plupart des composés présents dans les fruits et légumes peut varier de façon plus ou moins importante, en raison des conditions environnementales (température, rayonnement...), des modes de conduite (fertilisation, irrigation...) ou, plus largement, des modes de production (conventionnel ou biologique) (MATHILDE et *al.*, 2007).

Chez certains légumes, le rayonnement et la température jouent un rôle plus marqué que l'eau ou les apports de fertilisants, en particulier sur le métabolisme des flavonoïdes. Par exemple, des légumes exposés à la lumière solaire contiennent davantage de flavonoïdes que des légumes cultivés sous ombrage (BERSET, 2006). Le contenu en quercétine de l'oignon est fortement corrélé au rayonnement global du mois d'août (MATHILDE et *al.*, 2007).

Les teneurs en composés phénoliques apparaissent plus élevées dans les produits issus de l'agriculture biologique que dans ceux issus de l'agriculture conventionnelle parce que la culture biologique améliore le système de défense antioxydant, que l'on peut interpréter comme un moyen de protection contre les dégâts causés par les bio-agresseurs en l'absence de pesticides (MATHILDE et *al.*, 2007).

MARIE OLSSON (2005) a comparé au cours d'une étude *in vitro*, l'extrait de fraises biologiques et de fraises cultivées de façon conventionnelle. Les analyses ont révélé que les fraises bio étaient nettement plus riches en vitamine C et en acide ellagique, l'un des polyphénols de ce fruit, que celles produites de façon conventionnelle (MATHILDE et *al.*, 2007).

Le stockage au froid n'affecte pas la concentration en polyphénols des pommes, des poires ou des oignons. Même s'ils sont moins sensibles à la chaleur que la vitamine C, le stockage du jus de pomme à 25°C pendant 9 mois lui fait perdre 60 % de ses polyphénols (MANACH, 2004). Les polyphénols sont stables à la congélation : ainsi il n'y a pas de pertes à la congélation. Il ya peu de diminution des teneurs en polyphénols totaux de nombreux légumes pendant des durées de stockage allant jusqu'à 1 an (MATHILDE et *al.*, 2007).

De nombreux micronutriments sont plus concentrés dans les parties épidermiques des fruits et légumes. Les parties externes sont généralement plus riches en acide ascorbique, en

caroténoïdes, en polyphénols, en fibres, en glucosinolates. Leur élimination induit des pertes marquées de nombreuses molécules. Par exemple, les flavonols, particulièrement concentrés dans les épidermes, l'épluchage est une cause majeure de pertes. Ainsi dans les pommes de table 50% des polyphénols sont concentrés dans les parties épidermiques et sous-épidermiques, avec des teneurs de 3 à 6 fois celle de la chair. Dans des pêches un épluchage manuel conduit à une diminution des polyphénols totaux de 537 à 347 mg/kg. Les flavonols ont été les plus étudiés ; pour ces composés, généralement concentrés dans les épidermes, l'épluchage est la cause majeure des pertes (MANACH, 2004 ; MATHILDE et *al.*, 2007).

La cuisson a également une influence sur la variation de la teneur en polyphénols. Les oignons et les tomates perdent près de 80 % de leurs polyphénols après 15 mn d'ébullition, 65 % après cuisson aux micro-ondes et 30 % après friture. La cuisson à la vapeur est préférable, parce qu'elle évite le contact avec l'eau (MANACH, 2004). Pour les brocolis une cuisson à la micro-onde a conduit à la perte de 97% des flavonoïdes, 74% des dérivés de l'acide synapique et 87% des dérivés de l'acide caféique pour des inflorescences de brocoli, alors qu'une cuisson à la vapeur avait des effets moins marqués. Au cours des cuissons par ébullition à pression atmosphérique et sous pression, la diminution des concentrations dans les inflorescences était due à la fois à une diffusion dans l'eau de cuisson et à une dégradation thermique proprement dite. Les teneurs en polyphénols des betteraves changent peu, avec même une augmentation des teneurs mesurées en flavonoïdes, tandis que les haricots verts montrent des pertes marquées (30%). Lors de la préparation de pêches au sirop, il ya des pertes en polyphénols totaux de 21%, suivies d'une perte supplémentaire de 30à43% pendant les 3 premiers mois de stockage.

Les proanthocyanidols sont reconnus pour former une partie importante des polyphénols alimentaires mais ils ont été peu étudiés, les méthodes de dosage étant moins répandues que celles disponibles pour les polyphénols monomères. Ces molécules semblent globalement stables au traitement thermique (MATHILDE et *al.*, 2007).

Les processus industriels altèrent la teneur en polyphénols : les jus de fruits industriels filtrés et clarifiés en sont moins riches. A l'inverse, la macération facilite la diffusion des polyphénols de la peau, dans le jus de raisin. Pour les pommes, l'obtention des jus se fait par un simple pressage et l'essentiel des polyphénols est contenu dans la chair. Cette étape de pressage est le point clef pour les teneurs en polyphénols des jus, avec à la fois oxydation enzymatique (favorisée par le fractionnement des fruits) et adsorption sur les parois. Globalement, les rendements de transfert des polyphénols de la pomme au jus sont faibles (pertes de > 95%).

Les procédés de clarification peuvent conduire à des pertes supplémentaires, variables selon le procédé exact utilisé (par adsorption des polyphénols sur les protéines de collage utilisées). Enfin, en ce qui concerne les concentrés de jus (et donc les jus à base de concentrés), l'étape de concentration intensifie la précipitation des polyphénols et leurs produits d'oxydation, résultant en des jus commerciaux quasiment dépourvus de polyphénols par rapport à la pomme de départ (elle-même parfois peu riche, car beaucoup de jus sont produits à partir des écarts de tri de pommes de table) (MATHILDE *et al.*, 2007).

Les acides OH-cinnamiques sont généralement relativement stables lors des séchages, sauf lorsque ces derniers ont lieu lentement ou au soleil, laissant aux enzymes endogènes et aux UV un temps d'action prolongé. La préparation des pruneaux conduit ainsi à une perte de la moitié des polyphénols et à la disparition des catéchines présentes dans les prunes, à la disparition totale des anthocyanes, à une forte diminution des flavonols (-50 à -75%), avec selon les conditions pas ou peu d'effet sur les acides OH-cinnamiques. Si le séchage est conduit de façon rapide, les conséquences sur les polyphénols sont faibles (MATHILDE *et al.*, 2007).

4.10. Interactions polyphénols / nutriments

4.10.1 Interactions polyphénols / macronutriments

En distinguant deux grands types d'interactions chimiques :

Des interactions spécifiques, se produisant entre polyphénols et macronutriments et des interactions non spécifiques, en lien avec la solubilité des polyphénols dans la matrice.

4.10.1.1 Interactions spécifiques

Plusieurs interactions interviennent dans l'association polyphénols/protéines. L'affinité des polyphénols vis-à-vis des protéines ainsi que la stabilité du complexe dépendent de nombreux facteurs : la température, le solvant utilisé, le pH, le temps de réaction, la nature des protéines et des polyphénols (DELCAMBRE, 2010). Ainsi l'une des propriétés majeures des polyphénols est leur capacité à lier et précipiter les protéines en formant des complexes. Un exemple simple de conséquence de cette complexation est l'astringence qui est due à des interactions entre les polyphénols et les protéines salivaires (ABIAZAR, 2007). Les tannins aussi sont capables de se lier aux enzymes digestives et de les inhiber. Plusieurs de ces polyphénols ont une action sur l' α -amylase, l' α -glucosidase, les protéases, la trypsine et les hémagglutinines. L'inhibition de ces enzymes cause un trouble de l'activité du tube digestif et diminue la valeur nutritive des aliments ingérés qui ne pourront pas être assimilés (AKROUM, 2005).

Concernant les glucides, l'amidon et la cellulose se caractérisent par leur habilité à interagir avec les tanins, spécialement avec les pro-anthocyanidines. L'amidon a la capacité de former des cavités hydrophobes qui permettent l'inclusion des tanins et de beaucoup d'autres molécules apparentées. Parmi toutes les molécules qui se lient aux tanins, seul l'amidon a cette caractéristique d'incrustation (NKHILI, 2009). La cellulose se caractérise par sa surface qui lui permet de réagir directement avec les groupements phénoliques des tanins avec lesquels elle forme des liaisons hydrogène ou des liaisons covalentes. Les interactions glucides-tanins sont surtout favorisées par les glucides ayant un haut poids moléculaire, une faible solubilité et une grande flexibilité conformationnelle (NKHILI, 2009).

4.10.1.2. Interactions non spécifiques en lien avec la solubilité des polyphénols

La solubilité des composés phénoliques est différente selon la nature du polyphénol, et surtout selon le milieu dans lequel il est présent. Ainsi, cette solubilité variera-t-elle selon que la molécule sera présente dans un milieu aqueux, lipidique ou alcoolique, trois milieux couramment rencontrés dans les aliments. Le comportement des composés phénoliques dans l'aliment ou lors du tractus gastro-intestinal est donc susceptible d'être différent selon le milieu dans lequel il est solubilisé (DUPAS, 2005).

4.10.1.3. Influence des interactions polyphénols/macronutriments sur le pouvoir antioxydant des polyphénols

Le « pouvoir antioxydant d'un aliment » se caractérise par la nature, la quantité, et l'activité des molécules susceptibles d'avoir une action antioxydante qu'il contient. Cette donnée ne peut être mesurée en extrayant ces molécules de l'aliment, puisque le mode d'extraction choisi en élimine nécessairement une partie. De plus, si on isole les différents antioxydants du produit, on ne prend pas en compte les antagonismes et les synergies. La mesure de cette donnée permet de déterminer si tel ou tel aliment est plus intéressant potentiellement qu'un autre pour l'organisme. Enfin, il est possible que la forme d'ingestion des polyphénols, libre ou liée, de manière covalente ou non, à des macromolécules, ait une influence sur leur pouvoir antioxydant. Les interactions entre les différents constituants d'un aliment, et en particulier celles faisant intervenir protéines et polyphénols, sont nombreuses. Elles peuvent se produire pendant la fabrication de l'aliment, pendant sa conservation, ou juste avant sa consommation, lors de sa préparation. Les interactions intervenant dans le phénomène d'astringence, que ce soit avec les protéines salivaires ou les polysaccharides alimentaires, peuvent bloquer les fonctions phénoliques.

L'interaction entre les polyphénols du fruit et la polyphénoloxydase modifie de façon radicale la couleur du fruit, conduisant à des colorations brunes. Ce type d'interaction protéine/poly phénol conduit à une modification du pouvoir antioxydant des polyphénols. En effet, transformés en quinones par l'action de l'enzyme, ceux-ci deviennent extrêmement réactifs et se lient de façon covalente à certains résidus acides aminés des protéines notamment, rendant les groupements phénoliques inaccessibles (DUPAS, 2005).

4.10.2. Interactions polyphénols / micronutriments

4.10.2.1. Chélation des ions métalliques

Les ions du fer ou du cuivre sont essentiels pour de nombreuses fonctions physiologiques. Ils entrent notamment dans la composition des hémoprotéines et de cofacteurs d'enzymes du système de défense antioxydant (par exemple, les ions du fer pour la catalase, et ceux du cuivre pour le superoxyde dismutase). Mais ils sont aussi responsables de la production du radical hydroxyle par la réduction du peroxyde d'hydrogène selon la réaction de Fenton. En outre, l'autoxydation des ions Fe^{2+} et Cu^+ est une source de superoxyde et peroxyde d'hydrogène. Ainsi, complexer les ions du fer et du cuivre sous une forme qui bloque leur activité redox est un mécanisme d'action antioxydante. Divers polyphénols abondants dans les plantes et dans l'alimentation sont considérés comme de bons chélateurs des ions métalliques (NKHILI, 2009).

4.10.2.2. Antioxydants synergistes

Par définition, ce sont des substances qui ne sont guère actives en tant qu'antioxydants, et dont les propriétés apparaissent surtout en présence des autres antioxydants. Il en est ainsi des lécithines, des acides citrique et tartrique, des acides aminés, de certains flavonoïdes. Leurs propriétés peuvent s'expliquer par un effet chélatant de métaux comme le fer ou le cuivre, dont on connaît bien l'effet pro-oxydant à faible dose. Cependant, ce n'est peut-être pas la seule explication, car plusieurs de ces produits sont d'assez mauvais chélatants. Certains produits ont un effet inhibiteur de la décomposition des hydroperoxydes, et d'autres semblent régénérer des antioxydants, comme les tocophérols ou les dérivés de l'acide ascorbique à partir de leurs formes oxydées (MARTINI, 2004). Dans le cas d'un statut vitaminique C normal, il existe une protection de la vitamine E et du b-carotène par la vitamine C. En cas d'un large excès de la vitamine E par rapport au b-carotène, ou en cas de supplément nutritionnel en vitamine E, la vitamine C régénère la vitamine E et la vitamine E protège le b-carotène, aidée en cela par les polyphénols. Sans qu'on puisse expliquer réellement ce phénomène (LÉGER, 2006).

5. Enquêtes alimentaires

5.1. Généralités

Une enquête est une activité organisée et méthodique de collecte de données sur des caractéristiques d'intérêt d'une partie ou de la totalité des unités d'une population à l'aide de concepts, de méthodes et de procédures bien définis (FELLEGI, 2003). Les enquêtes alimentaires sont des méthodes développées pour évaluer les apports alimentaires d'un individu, ou d'un groupe d'individus. L'évaluation des apports alimentaires est utilisée en épidémiologie et en pratique clinique, avec des objectifs un peu différents.

L'objectif principal de l'épidémiologie nutritionnelle est de mettre en relation les modes de consommations alimentaires et le risque de développer certaines pathologies.

Les enquêtes permettent ainsi de cerner des nutriments, des aliments ou des profils de consommation plus ou moins bénéfiques ou néfastes à la santé. L'élaboration des apports nutritionnels conseillés pour la population, des doses toxiques maximales tolérables ou encore des guides de recommandations pour l'alimentation repose aussi sur les données des enquêtes alimentaires réalisées à grande échelle. En clinique, l'évaluation des apports alimentaires fait, entre autre, partie de la prise en charge des maladies « liées à la nutrition » mises en évidence par l'épidémiologie nutritionnelle (TUCKER, 2007).

5.2. Choix de l'enquête

Il est actuellement bien admis que les facteurs nutritionnels jouent un rôle important dans la genèse de nombreuses maladies. Pour réaliser des études à visée étiologique, il est nécessaire de bien maîtriser le problème du recueil des données nutritionnelles. Malheureusement, il n'existe pas de méthode idéale. Chaque technique a ses avantages, ses inconvénients, ses limites. Le choix doit tenir compte des objectifs de l'étude, de son type et de sa taille, ainsi que des moyens disponibles (LOUISOT, 1996).

5.3. Méthodes d'enquêtes alimentaires

Trois groupes de méthodes sont utilisables pour le recueil de la donnée nutritionnelle. Elles ont été mises au point pour les études épidémiologiques, aucune de ces approches n'apporte une image réelle de l'alimentation habituelle, mais ce sont des outils que l'on peut adapter à la pratique clinique (DELPEUCH, 1990).

5.3.1. Méthodes par interview

5.3.1.1. Histoire alimentaire par l'interrogatoire

Consiste à estimer l'apport habituel sur une période donnée. Elle est basée sur un interrogatoire détaillé de l'alimentation habituelle du sujet, auquel s'ajoutent parfois un rappel des 24 h et un questionnaire de fréquence. Citée ici pour mémoire puisqu'elle a pour objet

d'apprécier le type d'alimentation sur une période ancienne plus ou moins longue; en général. Elle porte sur une vaste période de temps; elle est surtout utilisée dans des enquêtes rétrospectives concernant la liaison entre le type d'aliments consommés et une maladie chronique. En surveillance elle a donc à priori peu d'intérêt; en outre elle nécessite une interview très lourde et un personnel très spécialisé et expérimenté (DELPEUCH, 1990). L'avantage de cette méthode est d'étudier la répartition habituelle de la prise alimentaire et les détails de l'alimentation sur une période prolongée. Son inconvénient est une approche basée sur les repas difficilement applicable chez les sujets dont la répartition alimentaire ne suit pas la répartition classique par repas (DELPEUCH, 1990).

5.3.1.2. Rappel des 24 heures

Le sujet doit se rappeler et rapporter tous les aliments et les boissons prises pendant les 24 heures qui ont précédé l'entretien. L'avantage de cette méthode rapide ne nécessitant pas de compétence particulière. Son inconvénient, du fait de la variation intra individuelle de l'apport alimentaire, ne permet pas de caractériser l'alimentation d'un individu, et présente un risque de ne pas rapporter la réalité de la prise alimentaire (LELEUX, 2006).

5.3.1.3. Questionnaire de fréquence de consommation

Contrairement aux autres méthodes, le questionnaire de fréquence s'intéresse à la consommation habituelle. Il consiste à demander au sujet de reporter la fréquence habituelle de consommation de chaque aliment dans une liste préétablie. L'avantage de cette méthode est la limite du temps de remplissage et la rapidité d'exploitation. Son inconvénient est l'utilisation d'un questionnaire qui répond à une population et à un but donné (LELEUX, 2006).

5.4. Méthodes par pesée

5.4.1. Pesée des aliments à chaque repas

Le principe de la méthode consiste à peser pendant la durée de l'étude chaque jour et à chaque repas les différents composants utilisés pour la préparation ou servis au repas ainsi que les déchets laissés dans l'assiette, et en dehors des repas de l'ensemble des prises alimentaires. Ses avantages sont la précision des données recueillies et la fiabilité, elle a été fréquemment utilisée comme méthode de contrôle pour toutes les autres techniques et enfin son application à tous les types de population lorsque la pesée est faite par un enquêteur extérieur. Pour ses inconvénients, c'est une méthode lourde, nécessitant une bonne coopération des sujets étudiés, elle n'est praticable que sur de petits échantillons (peu représentatifs), si le sujet effectue lui-même la pesée, il a tendance à simplifier son alimentation, la présence d'un

observateur extérieur peut entraîner des modifications du comportement alimentaire des individus étudiés (LELEUX, 2006).

5.4.2. Pesée avec analyse chimique

Cette méthode consiste à analyser directement en laboratoire une portion aliquote ou une portion identique des aliments consommés par les sujets. Pour cela, chaque aliment et boisson est pesé et mesuré, homogénéisé puis congelé avant d'être analysé (LELEUX, 2006). Ses avantages sont la grande précision, et quantitativement et qualitativement la plus proche de la consommation « vraie » des sujets. Ses inconvénients résident dans les difficultés décrites pour la pesée simple, en plus elle est lourde nécessitant des moyens importants et du personnel (LELEUX, 2006).

5.5. Méthodes par enregistrement sur agenda ou semainier

Les quantités d'aliments consommés sont enregistrées pendant la période de l'étude chaque jour (le plus fréquemment 2, 3, 5, 7 jours, voire 14 jours), et en détail repas par repas sur un semainier ou journal prévu à cet usage. Chaque jour est décomposé en moments de consommation (repas : petit déjeuner, déjeuner, goûter, dîner, encas). Les quantités d'aliments sont estimées en mesures ménagères (LELEUX, 2006). Il s'agit d'une méthode assez simple, elle permet d'être faite sur des échantillons plus importants que la méthode par pesée, un journal bien conçu peut faciliter le recueil des données et éviter les oublis, elle peut utiliser un personnel ayant reçu une formation rapide. Ses inconvénients sont la nécessité d'une grande coopération des sujets, coûteuse et lourde (LELEUX, 2006).

6. Enquêtes épidémiologiques

La recherche épidémiologique procède par enquêtes. L'enquête est un outil de recherche mais une étude épidémiologique ne se résume pas à la réalisation d'une enquête. La démarche suit différentes étapes : formulation d'un objectif ou d'une hypothèse, élaboration d'un protocole, déroulement de l'enquête, analyse et diffusion des résultats. Les études épidémiologiques peuvent être classées selon leur objectif, selon l'attitude de l'investigateur, selon la période d'étude et selon la population étudiée. L'épidémiologie consiste en la mise en évidence et l'analyse des relations qui existent entre les maladies et différents facteurs (facteurs de risque). Les enquêtes épidémiologiques se divisent en deux grandes catégories: les enquêtes expérimentales et les enquêtes d'observation (FOUCAN, 2012).

6.1. Enquêtes expérimentales (expérimentation ou interventionnelles)

L'équipe réalisant la recherche maîtrise les conditions d'exposition des sujets. L'affectation des sujets dans un des groupes peut-être décidée par tirage au sort.

Exemple : essai clinique pour évaluer l'efficacité d'un nouveau traitement (FOUCAN, 2012).

6.2. Enquêtes d'observation (études non expérimentales)

Les chercheurs observent la situation (les groupes) sans intervenir sur les conditions d'exposition des sujets inclus dans l'étude. Parmi les études d'observation, on distingue : les études descriptives : transversale, longitudinale (cohorte) et les études analytiques: transversale, cohorte, cas-témoins, les deux dernières étant les plus importantes (FOUCAN, 2012).

6.2.1. Etudes descriptives

Le but de la recherche descriptive est de décrire les caractéristiques d'une population ou d'un phénomène nutritionnel étudié (DABIS et *al.*, 1992). Deux modalités d'enquêtes sont envisageables :

- **Enquêtes longitudinales**

Elles consistent à suivre l'alimentation des sujets pendant un laps de temps donné. Les individus choisis sont placés sous surveillance continue et systématique pendant une période plus ou moins prolongée (TUCKER, 2007). Ses avantages sont de permettre de mesurer l'incidence des anomalies nutritionnelles et de connaître la fréquence réelle des maladies nutritionnelles, leurs variations saisonnières et de préciser leurs relations avec divers facteurs d'environnement. Ses inconvénients sont la nécessité d'un long délai d'obtention des résultats, le risque de perdus de vue, de changement dans l'exposition, de modifications des critères diagnostiques sur la période étudiée et le coût élevé (FOUCAN, 2012)

- **Enquêtes transversales**

Étudier l'alimentation pendant une période précise. Ces périodes peuvent être répétées plusieurs fois dans l'année (saisons) ou durant l'étude, par subdivision en plusieurs groupes de l'échantillon de population étudié ou par enquête de la population totale (TUCKER, 2007). Ses avantages sont la nécessité d'un personnel réduit et résultats rapidement utilisables, ces études sont limitées dans le temps (simples) et moins coûteuses. Parmi ses inconvénients, les biais de sélection peuvent être importants, il est souvent impossible d'étudier la relation chronologique (relation temporelle) entre le facteur de risque et la maladie et il est donc impossible d'établir une relation de causalité, elles ne permettent pas, de mesurer l'incidence d'une maladie (c'est-à-dire la fréquence des nouveaux cas) car cette mesure nécessite une observation longitudinale des individus.

6.2.2. Etudes analytiques

Elles cherchent à affiner une hypothèse unique concernant la relation entre l'exposition au facteur et la survenue de la maladie. Elles permettent de préciser les résultats obtenus au

cours de l'enquête à visée exploratoire. Par exemple, lorsqu'on enquête sur une épidémie, on a le plus souvent une démarche initiale de type exploratoire que l'on complète par une ou plusieurs enquêtes à visée analytique (FELLEGI, 2003). Deux grands types d'enquêtes sont envisageables :

- **Enquête cas-témoins**

C'est la méthode épidémiologique la plus couramment utilisée, notamment dans le domaine des maladies infectieuses et de l'épidémiologie d'intervention. Ces enquêtes sont rétrospectives car l'investigateur remonte dans le temps, de la maladie vers l'exposition. L'exposition au facteur de risque et la survenue de la maladie sont des événements antérieurs au début de l'enquête. Les témoins sont des individus qui n'ont pas la maladie étudiée. Il peut s'agir de sujets sains ou de sujets atteints d'une autre maladie que celle ayant servi à constituer la série des cas. Le problème majeur de ce type d'étude est la comparabilité des cas et des témoins (DABIS et *al.*, 1992). Ses avantages sont l'absence de problème éthique dont les cas ont déjà la cirrhose au moment de l'enquête, on peut interroger les cas et les témoins en même temps dans l'hôpital, la taille réduite de l'échantillon, les sources de données sont faciles d'accès (dossiers hospitaliers, interrogatoire des patients). Ses inconvénients sont le problème de mémoire, les sujets peuvent ne pas se rappeler correctement leurs habitudes de consommation d'alcool dans le passé. De plus, ils peuvent se rappeler de façon différente leur consommation selon qu'ils ont ou non une cirrhose, et le problème de validation, l'enquêteur n'a a priori aucun moyen de valider l'histoire racontée par le sujet (DABIS et *al.*, 1992).

- **Enquête de cohorte**

Dans une enquête de cohorte, on sélectionne les sujets sur la base de leur exposition au facteur étudié et on les suit pour voir s'ils développent la maladie (DABIS et *al.*, 1992). Ses avantages sont l'appréciation réellement du risque associé au comportement, la séquence exposition-maladie sera clairement décrite à la fin de l'étude, l'enquête permet de s'intéresser en même temps à d'autres maladies et elle permet d'apprécier une relation de type dose-effet. Ses inconvénients sont : la grande taille de l'échantillon où on doit suivre probablement plusieurs dizaines de milliers d'individus, pour observer un nombre suffisant de malades, compte tenu de la relative rareté de cette affection et la latence est très longue, les sujets inclus doivent être suivis plusieurs années, ce qui est très coûteux, avec le risque de perdre de vue un certain nombre d'entre eux avant que l'enquête ne soit terminée (DABIS et *al.*, 1992).

METHODOLOGIE

1. Rappel des objectifs de l'enquête

Notre travail vise à estimer l'apport journalier en polyphénols totaux et à chercher d'éventuelles corrélations entre cet apport et l'état de santé d'un échantillon de 200 sujets choisis au hasard au niveau de la wilaya de Constantine

2. Echantillonnage

Selon la bibliographie pour bâtir une enquête, il faut définir une taille d'échantillon suffisamment grande pour que l'intervalle de confiance ne soit pas démesuré ou bien il faut tenir compte de la taille des échantillons pris dans des études similaires. Comme nous n'avons pas trouvé des études similaires à la notre en Algérie, nous avons décidé de prendre un échantillon de 400 sujets adultes pris au hasard de la wilaya de Constantine. Nous avons distribué 400 questionnaires, bien que nous ayons beaucoup insisté sur la nécessité de les remettre après remplissage, nous n'avons pu récupérer que 200 questionnaires bien remplis et sans ratures. Ainsi selon TUCKER en 2007, dans les enquêtes transversales descriptives traitant l'alimentation et l'état de santé d'une population ; on peut utiliser un personnel réduit mais il faut qu'i soit bien distribué dans le lieu étudié.

3. Enquête

3.1. Pré-enquête

Dans le but de se rassurer que les questions sélectionnées soient représentatives de la problématique posée en premier stade de l'élaboration du questionnaire, la première version a comporté plus de questions (lourdes, complexes, etc.). Le questionnaire a été testé sur un petit échantillon (environ 10 sujets de l'entourage) dans le but d'identifier l'ambiguïté, d'augmenter la validité et la reproductivité du questionnaire.

Après la distribution de quelques questionnaires et en fonction de nos observations et des remarques faites par les sujets interrogés durant cette pré-enquête, certaines questions ont été reformulées, d'autres modifiées ou complètement éliminées. Les questions retenues ont été sélectionnées sur la base du degré de compréhension, de la simplification et de l'objectivité.

Le questionnaire définitif élaboré tel que présenté en annexe 3 nous a semblé plus clair, compréhensible et plus adapté aux besoins de l'enquête. Il est rédigé en langue française et comprend quatre pages de taille A4.

3.2. Déroulement de l'enquête

Nous avons opté pour une enquête alimentaire transversale, de type « histoire alimentaire ». L'enquête a été réalisée entre mars 2009 et décembre 2010 au niveau de la wilaya de Constantine pour des raisons des commodités d'accès. Avant l'entretien ou la lecture du questionnaire, nous avons expliqué aux sujets le cadre et le but de l'enquête et nous avons insisté sur la confidentialité des renseignements personnels.

Nous avons eu à interroger en moyenne trois personnes par jour dans le cas où nous expliquons et nous remplissons nous même le questionnaire. Pour chaque questionnaire, l'entretien a duré de 45 mn à 90mn. Pour les sujets qui préfèrent, par manque de temps, remplir chez eux le questionnaire, nous nous sommes contentés de le lire et d'expliquer certaines questions. Nous notons aussi que certains sujets ont exigé la traduction du questionnaire en langue arabe et même des explications complémentaires.

4. Description du questionnaire

Le questionnaire définitif (Annexe3) comprend au total 54 questions. Pour faciliter le recueil des informations, nous avons utilisé des questions fermées (37questions) où les réponses sont à cocher. Ces questions présentent l'avantage de produire des réponses plus uniformes et peuvent être traitées facilement. Des questions ouvertes (17 questions) qui permettent une plus grande liberté de réponse. Elles mettent à l'épreuve la mémoire des gens et permettent de clarifier leur position. Elles n'influencent pas le sujet d'où l'obtention de réponses plus sincères et plus révélatrices (DABIS et *al.*, 2010).

Globalement, le questionnaire est divisé en deux volets :

Un premier volet récapitule des renseignements sur l'identification de la personne interrogée. Cette rubrique consiste à collecter les renseignements comme l'âge, le sexe, la résidence, la profession (estimée à partir des revenus), le niveau d'instruction, le poids et la taille des personnes interrogées selon leur déclaration, dont le but de caractériser l'état pondéral de l'échantillon étudié à l'aide d'indice de masse corporelle., Les mesures anthropométriques permettent de décrire la corpulence et de dépister le surpoids et l'obésité des sujets. Elles permettent de classer les sujets et de les comparer entre eux.

Le niveau socioprofessionnel est estimé, en prenant comme indicateur le revenu (classement établi par la chambre de travail algérienne du ministère de travail et de l'emploi algérien, wilaya de Constantine en 2009) où six groupes ont été classés selon le salaire moyen du plus bas (niveau 1) au plus élevé (niveau 6) comme suit : Niveau 1 : $\leq 10\ 000$ DA, Niveau 2 : $> 10\ 000$ et $\leq 150\ 000$ DA, Niveau 3 : $> 150\ 000$ et $\leq 250\ 000$ DA, Niveau 4 : $>$

250 000 et \leq 350 000 DA, Niveau 5 : $>350\ 000$ et \leq 60 000 DA, Niveau 6: $> 60\ 000$ DA. Selon les revenus des ménages 3 niveaux ont été établis: le niveau bas : revenus inférieurs à 30 000 DA ; le niveau moyen : revenus compris entre 30 000 et 450 000 DA et le niveau élevé : revenus supérieurs à 450 000 DA (MAUKAI, 2009).

D'autres critères ont été traités comme :

- ✓ Le tabagisme : ce critère consiste en un tri à plat des données recueillies permettant de connaître selon DABIS et *al.*, (2010).
 - les non fumeurs ;
 - les fumeurs occasionnels (1-5 cigarette / jour) ;
 - le tabagisme modéré (6-10 cigarettes / jour) ;
 - le tabagisme moyen (11-20 cigarettes / jour) ;
 - le tabagisme important (> 20 cigarettes / jour).
- ✓ La fréquentation des personnes fumeurs et les lieux de leur fréquentation ;
- ✓ La pratique du sport (nature, fréquence, durée, intensité) d'après GUILBERT et *al.*, (2001). Selon le temps consacré à cette activité, nous avons établi 4 classes :
 - Aucune pratique sportive : pas de sport ;
 - Pratique modérée : moins de 4 heures de sport ;
 - Pratique soutenue : 4 à 8 heures de sport ;
 - Pratique intense : plus de 8 heures de sport.
- ✓ Le type de stress subi.
- ✓ Des variables caractérisant l'état de santé (présence ou absence de maladie, type de maladie, suivi médical, connaissances diététiques, antécédents familiaux des sujets étudiés, mort subite dans les familles des sujets étudiés, etc.).
- ✓ Le comportement sédentaire en se basant sur la connaissance du moyen de transport des fonctionnels et la manière de détente.

Un deuxième volet regroupe des renseignements sur les aliments consommés contenant des composés polyphénoliques. Pour établir la liste de ces aliments, nous nous sommes référés à la base de données du site phénol-explorer ([http:// www. phenol-explorer.eu/contents/total ? Food-id=aa1](http://www.phenol-explorer.eu/contents/total?Food-id=aa1)) regroupant presque tous les produits contenant des composés phénoliques mais elle exclut certains produits traditionnels. Nous nous sommes limités aux aliments locaux ou importés existant sur le marché Constantinois, produits saisonnièrement et annuellement comme les légumes et les fruits ainsi que, les boissons ou les jus à base de fruits, les tisanes et autres produits alimentaires (produits de la confiserie

contenant du chocolat ou du cacao et certains produits gras comme les arachides, l'huile d'olive, etc.

Il a abordé aussi en plus de l'aspect quantitatif (fréquence et quantité) des aliments consommés, l'aspect qualitatif comme la cuisson, la préparation, la conservation, la consommation avec ou sans enveloppe qui peuvent influencer selon la bibliographie sur la composition des aliments en poly phénols.

5. Difficultés rencontrées au cours de la réalisation de l'enquête

Durant la réalisation de l'enquête, nous avons été confrontés à des difficultés inhérentes à toute enquête de ce type. Parmi ces difficultés :

- le refus de certaines personnes de participer à l'enquête (de nombreuses raisons sont à l'origine de ce refus, comme par exemple, la perception de l'enquête comme une intrusion dans la vie privée, la méfiance engendrée par le sentiment d'insécurité partagé par certaines couches de la population, le manque de disponibilité ou tout simplement le manque d'intérêt pour le thème étudié) ;
- souvent, certains participants après avoir répondu à plusieurs questions, hésitent de parler de l'état de leurs santés ce que nécessite le rejet de leurs questionnaires ;
- certains questionnaires distribués n'étaient pas correctement remplis, comportant trop de ratures ou illisibles, alors que d'autres ne sont pas rendus.

6. Conversion, codage et saisie des données

Avant de procéder au codage et à l'introduction des données collectées à partir des questionnaires récupérés, nous avons procédé à la conversion des portions (annexe 4 et 8) et d'unités (annexe 5 et 8), des tasses (annexe 6 et 8) et des cuillères à soupe (annexe 7 et 8) de référence du questionnaire quantitatif de fréquence en masse. Pour identifier et quantifier les aliments riches en polyphénols, nous nous sommes référés à la table de BRAT (2006) (annexe 9) ainsi qu'aux tables extraites de la base de données du site phénol-explorer citées par MAATTA RIIHINEN (2004) (annexe 10) et PEREZ-JIMENEZ et al en 2004 (annexe 11). Le codage consiste à transformer en variables numériques des réponses souvent matérialisées par des croix dans des cases au moment de l'interrogatoire. Une fois codé et vérifié, le questionnaire est ensuite saisi.

7. Saisie et traitement statistique des données

La saisie et le traitement statistique des données ont été réalisés à l'aide du logiciel Excel (version 2003 et version 2007) et StatView version 5.0 (Berkeley, USA). Les résultats

sont exprimés en pourcentage lorsqu'il s'agit de variables qualitatives (sexe, niveau d'instruction,...) et en moyenne plus ou moins l'écart type lorsqu'il s'agit de variables quantitatives (âge, IMC,...). La comparaison des pourcentages est réalisée par le test Khi-deux, celle des moyennes est réalisée par le test Student non apparié (le test d'écart réduit).

Le calcul du coefficient de corrélation (r) a été fait par le triage de la variable quantitative (consommation des polyphénols) selon les modalités de la variable qualitative (état de santé). Puis, nous avons construit un indicateur numérique pour mesurer la différence entre les moyennes conditionnelles de la consommation des polyphénols et l'état de santé par rapport à la moyenne globale de la consommation des polyphénols (pour tous l'échantillon) à l'aide du logiciel Excel (version 2007) où nous avons appliqué la formule suivante :

$$S_y^2 = V_{\text{inter}} + V_{\text{intra}} \text{ où } r_{Y|X} = \sqrt{V_{\text{inter}} / S_y^2}$$

- $V_{\text{inter}} = 1/n \sum_{j=1}^c n_j (y_j^- - \bar{y}^-)^2$ (variance intergroupes).
- $V_{\text{intra}} = 1/n \sum_{j=1}^c n_j s_j^2$ (variance intra-groupe).

C : groupes correspondant aux c modalités de la variable qualitative. y_j^- , s_j^2 ; $j = 1, \dots, c$: les moyennes et les variances conditionnelles à chaque sous-groupe d'effectif n_j . \bar{y}^- est la moyenne globale (IOVLEFF, 2007). Le seuil de significativité est fixé à 0,05.

RESULTATS

. Identification et renseignements personnels des sujets interrogés

1.1. Présentation de l'échantillon interrogé

Nous rappelons que notre enquête a été réalisée auprès d'une population d'âge variant entre 25 et 83 ans. Le tableau 6 représente la répartition des sujets étudiés par sexe et par tranches d'âge.

Tableau 6. Répartition des sujets par sexe et par tranches d'âge

Tranches d'âge	Homme n	Femme n	Total	
			n	%
[25-35]	19	64	83	41,5
[36-45]	21	27	48	24
[46-55]	15	16	31	15,5
[56-65]	16	14	30	15
>65	4	4	8	4
Totale	75 (37,5%)	125 (62,5%)	200	100

(n : nombre)

Le tableau 6 indique que dans notre population les sujets de sexe féminin (62,5%) sont plus nombreux que ceux de sexe masculin (37,5%). La classe des sujets âgés plus de 65 ans est minoritaire pour les deux sexes.

La moyenne d'âge de notre population est de $40,87 \pm 11,51$ ans, le mode est égal à 30 ans, la médiane correspond à l'âge de 40,50 ans. Malgré une dispersion élevée de la moyenne, celle-ci est superposable à la médiane, ce qui constitue un indicateur que notre échantillon se rapproche d'une distribution normale ; au vue du mode, cette distribution est décalée vers les tranches d'âge inférieures à la moyenne.

1.2. Répartition des sujets selon l'Indice de Masse Corporelle (l'IMC)

L'IMC permet de classer les individus selon leur corpulence en sujets maigres, normo pondéraux, en surpoids ou obèses (F.A.O, 1992 ; l'O.M.S. 1995 et DUBOT-GUAIS, 2005). La répartition des sujets en fonction de leur corpulence est représentée dans la figure 7.

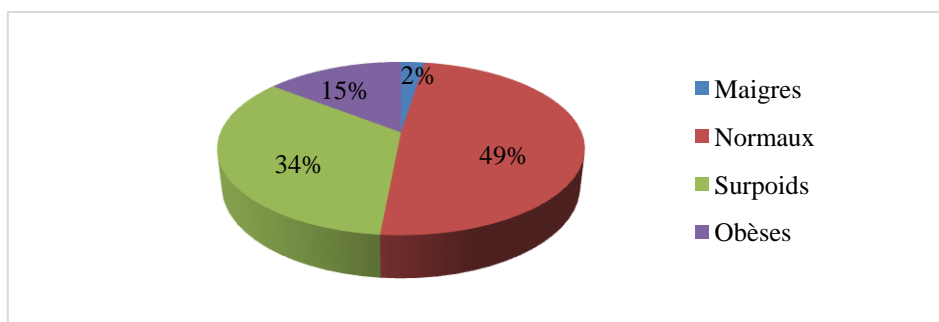


Figure 7. Répartition des sujets en fonction de leur corpulence (état pondéral)

Les résultats de l'enquête réalisée laissent apparaître, sur la base des renseignements donnés par les personnes sur leur taille et leur poids, que l'IMC moyen de la population interrogée est de $25,44 \pm 0,67 \text{ kg/m}^2$.

La répartition des sujets en fonction de leur corpulence (Figure 7) fait ressortir globalement plus de sujets normo pondéraux (49%) que de maigres (2%) ou de sujets en surpoids (34%) ou obèses (15%).

1.3. Résidence des sujets

La répartition des sujets interrogés selon le lieu de résidence est représentée dans la figure 8.

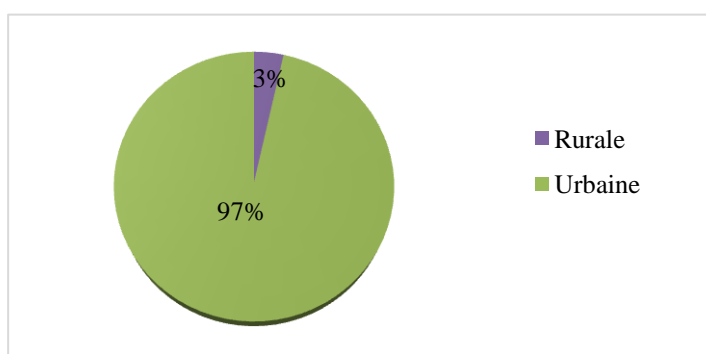


Figure 8. Répartition des sujets selon le lieu de résidence

Nous remarquons que parmi les sujets interrogés, ceux qui habitent dans les régions urbaines sont majoritaires avec 97%, alors que ceux des régions rurales sont minoritaires avec un pourcentage de 3%.

1.4. Niveau d'instruction des sujets interrogés

La répartition des sujets en fonction de leur niveau d'instruction (élevé, moyen, bas, illettré) est représentée dans la figure 9.

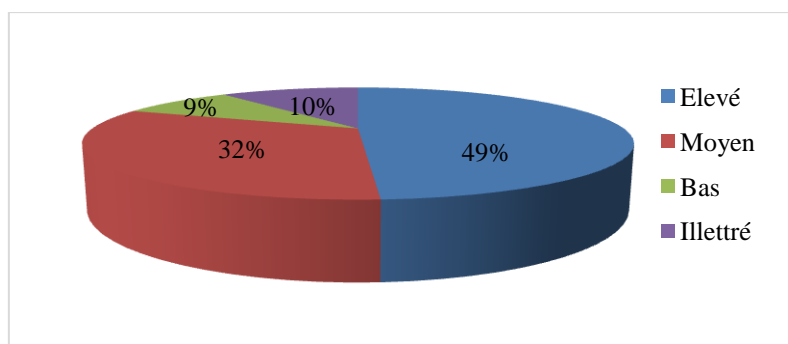


Figure 9. Niveau d'instruction des sujets interrogés

La moitié des sujets interrogés, correspondant à 49%, ont un niveau d'instruction élevé, 32% ont un niveau d'instruction moyen, 9% ont un niveau d'instruction bas, et 11% des sujets sont illettrés.

1.5. Niveau socioprofessionnel des sujets interrogés

Nous rappelons que le niveau socioprofessionnel des sujets interrogés s'est basé sur leur revenu estimé à partir de leurs professions en se référant à la grille des salaires établie par la chambre de travail algérienne du ministère de travail et de l'emploi algérien, wilaya de Constantine de l'année 2009.

Nous avons classé le niveau socioprofessionnel en trois niveaux : bas, moyen et élevé. La répartition des sujets interrogés selon le niveau socioprofessionnel est représentée dans la figure 10.

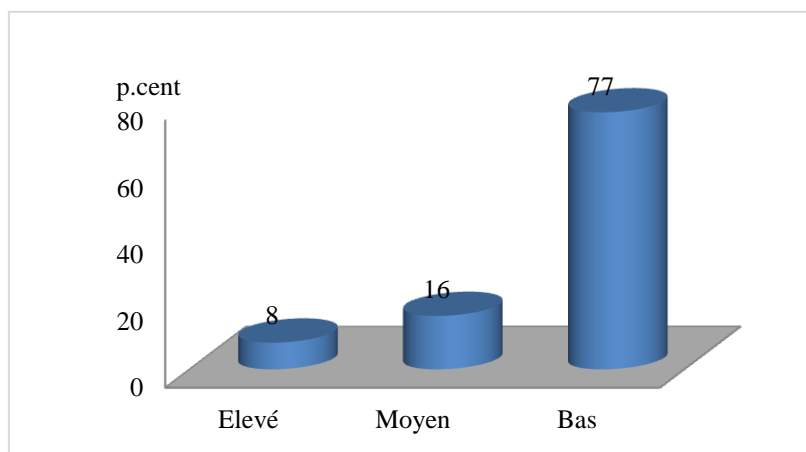


Figure 10. Niveau socioprofessionnel des sujets interrogés

La majorité des sujets interrogés équivalent à 77% ont un niveau socioprofessionnel bas (revenu \leq 30000 DA) et 16% des sujets sont dans la classe de niveau socioprofessionnel moyen (revenu entre 30000 DA et 45000 DA). Les sujets ayant un niveau socioprofessionnel élevé (revenu \geq 45000 DA) représentent seulement 8%.

1.6. Distances par rapport au lieu de travail et moyens de transport utilisés

Les différents moyens de transport et la distance par rapport au lieu de travail sont représentés dans la figure 11.

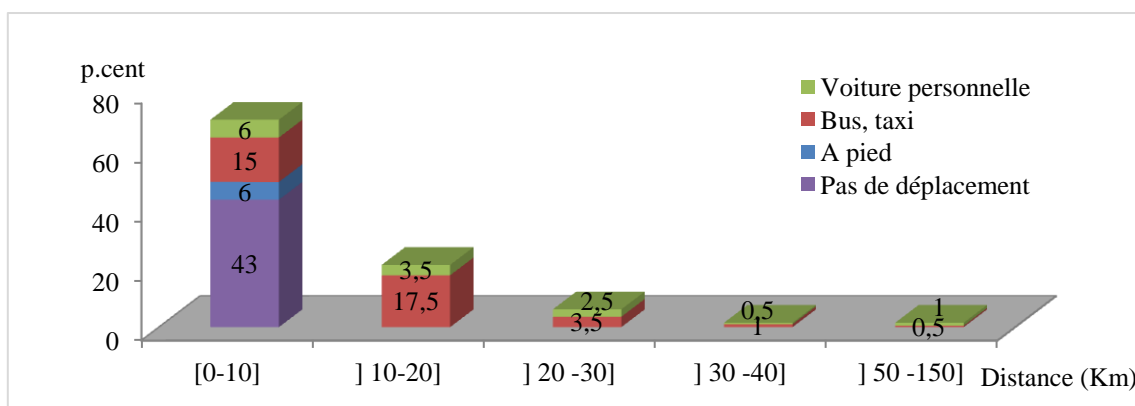


Figure 11. Distances par rapport au lieu de travail et moyens de transport utilisés

La figure 11 montre que 94% des sujets interrogés utilisent des moyens de transport pour aller travailler, 6% préfèrent la marche et correspondent à ceux habitant à des distances comprises entre 0 et 10 Km par rapport au lieu de travail.

L'absence de déplacement correspond à la catégorie des chômeurs et femmes au foyer qui forment 43% de la population interrogée.

1.7 Renseignements médicaux/antécédents familiaux et personnels

La répartition des sujets selon l'atteinte ou non de maladie est représentée dans la figure 12.

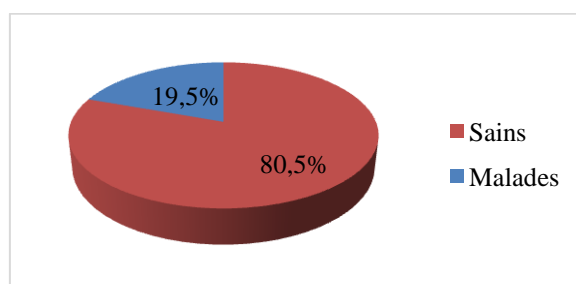


Figure 12. Atteinte ou non de maladies des sujets interrogés

La figure 12 indique que la plupart des sujets de la population étudiée (80,5%) sont des sujets qui ne souffrent d'aucune maladie et 19,5% sont atteints d'une ou plusieurs maladies. La répartition des patients selon le type de maladie est représentée dans la figure 13.

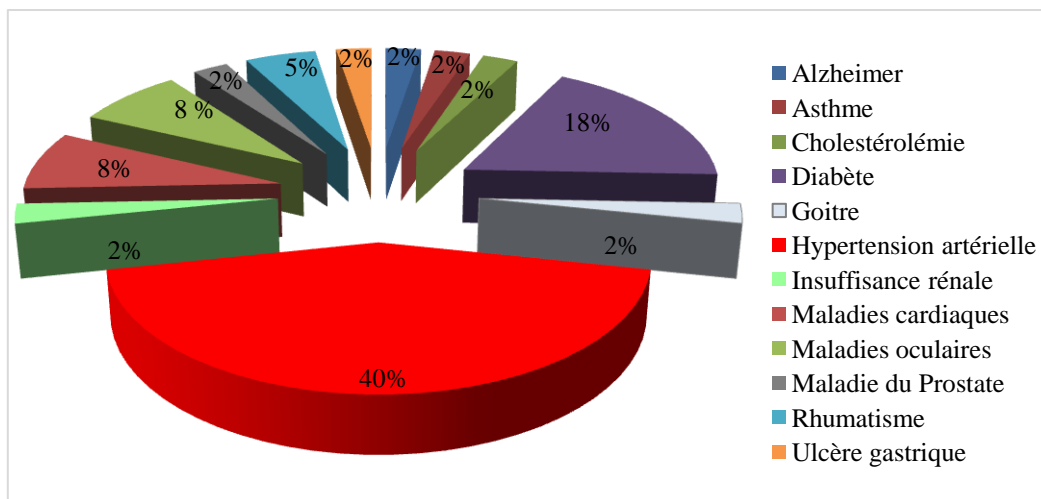


Figure 13. Répartition des sujets malades selon le type de maladie

D'après la figure13, le pourcentage le plus élevé des sujets malades, équivalent à 40% correspond à des sujets souffrant de l'hypertension artérielle. Le diabète représente 18%, les maladies cardiaques et oculaires dont chacune concerne 8% des sujets malades, le rhumatisme est signalé chez 5% et enfin l'Alzheimer, l'asthme, la cholestérolémie, le goitre, l'insuffisance rénale, l'hypertrophie de la prostate, l'ulcère gastrique chacune de ces maladies a un pourcentage de 2%.

La durée de la maladie correspond à la différence entre la date de l'enquête et la date de diagnostic de la maladie. Cette durée varie entre 6 mois et 37 ans avec une moyenne de $9,20 \pm 7,04$ ans. La figure 14 représente la répartition des patients selon la durée de la maladie.

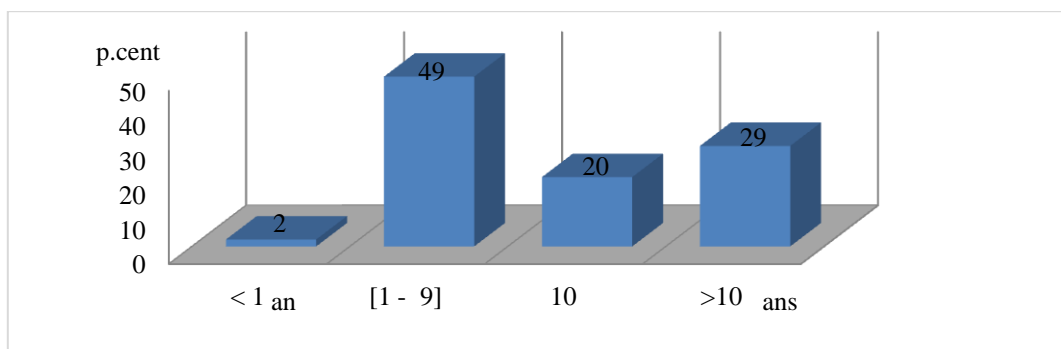


Figure 14. Répartition des patients selon la durée de la maladie

Les patients ayant diagnostiqué récemment leurs maladies sont les moins rencontrés avec un pourcentage seulement de 2%. Ceux ayant une durée de maladie dans l'intervalle [1ans à 9ans] représentent 49%, alors que ceux ayant une durée de maladie de plus de 10ans représentent 29%.

Tous les sujets malades (100%) ont déclaré qu'ils consultent des médecins spécialisés et/ou diététiciens. La figure 15 représente la répartition des patients selon le régime alimentaire suivi.

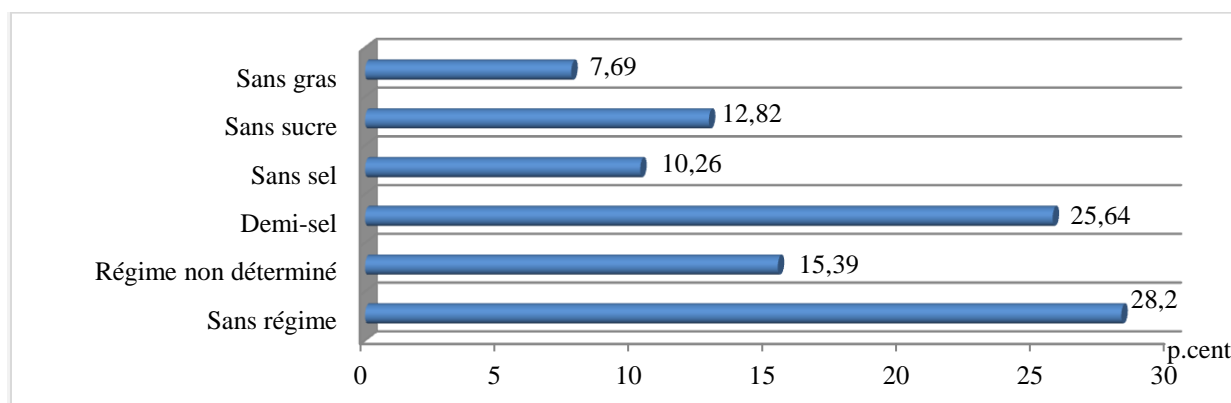


Figure 15. Répartition des patients selon le régime alimentaire suivi

La majorité des sujets malades (71,80%) déclarent qu'ils suivent un régime alimentaire prescrit par le médecin.

La figure 16 représente la répartition des patients selon les aliments conseillés. Concernant le type d'alimentation des patients, les aliments qui leur sont conseillés, ils sont à 100% végétales (en particulier les fruits et légumes).

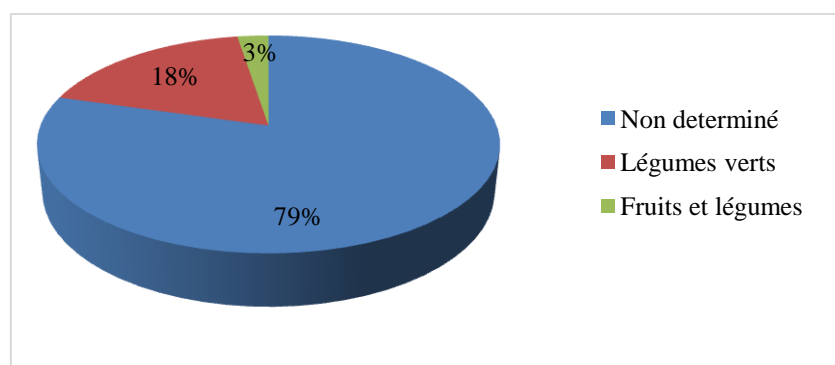


Figure 16. Répartition des patients selon les aliments conseillés

D'après les sujets interrogés, 13% ont dans leurs familles des cas de mort subite dont 84% déclarent que la cause principale de la mort est l'arrêt cardiaque, suivis de 8% qui déclarent l'hypertension artérielle, 4% à cause d'une crise cérébrale et enfin pour 4%, les causes sont inconnues (figure 17).

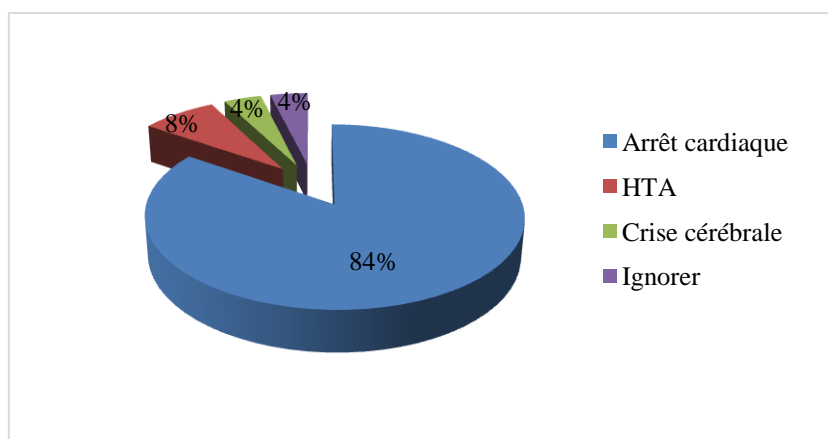


Figure 17. Principales causes de mort subite dans les familles selon les sujets interrogés

La figure 18 indique que la majorité des personnes interrogées équivalente à 71% déclarent qu'ils ont un membre de la famille ou plus souffrant de maladies chroniques dont 26% ont des mères malades, 9%, 6% et 5% respectivement ont des sœurs, pères ou frères malades, 5% concerne les personnes qui ont des grands pères et grands mères paternels et maternels souffrant de maladies chroniques et en fin il ya 49% des personnes interrogées ont plusieurs membres de la famille souffrant de maladies chroniques.

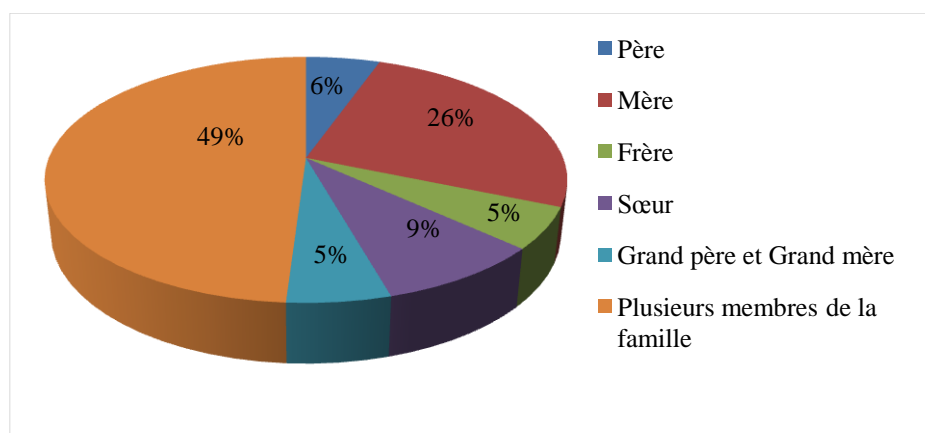


Figure 18. Répartition des personnes interrogées en fonction des liens de parenté avec des patients ayant une maladie chronique

1.8 Renseignements sur le comportement des sujets interrogés vis-à-vis du tabagisme

Nous remarquons que la majorité des sujets interrogés, équivalente à 90%, ne fument pas au moment de la réalisation de la présente enquête dont 85% ont déclaré qu'ils n'ont jamais fumé, 10% ont arrêté de fumer et 5% ont fumé mais très peu de fois au passé.

Parmi les sujets fumeurs, la plupart d'entre eux (40%) sont des fumeurs occasionnels c'est-à-dire qui fument 1 à 5 cigarettes par jour, 30% fument 6 à 10 cigarettes par jour, 25% fument 11 à 20 cigarettes par jour et 5% fument plus de 20 cigarettes par jour (Tableau 7).

Tableau 7. Pourcentages des personnes interrogées fumeurs et non-fumeurs et leurs situations au passé et au présent.

Non fumeurs	Situation de non fumeurs	Fumeurs	Nombres de cigarettes			
			Fumeurs occasionnels [1-5]	Tabagisme modéré] 5-10]	Tabagisme moyen] 10-20]	Tabagisme important] 20-25]
90%	Arrêter de fumer 10%	10%				
	Ne jamais fumer 85%		40%	30%	25%	5%
	Peu de fois au passé 5%					

La répartition des sujets interrogés en fonction des lieux de fréquentation avec des gens fumant la cigarette est représentée dans la figure 19.

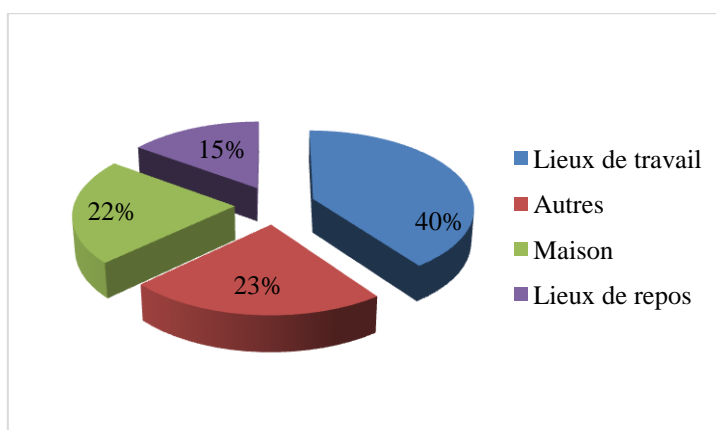


Figure 19. Répartition des sujets interrogés en fonction des principaux lieux de fréquentation des gens fumants

Un pourcentage important, équivalent à 32 %, des personnes interrogées fréquentent des gens qui fument dont 40% dans des lieux de travail, 22% à la maison, 15% dans des lieux de repos (restaurant, cafétéria,), et enfin 23% à d'autres endroits non précis.

1.9. Pratique ou non du sport

Le pourcentage des sujets sportifs dans la population étudiée est faible, il est de l'ordre de 13%. La répartition des personnes interrogées en fonction du sport pratiqué est représentée dans la figure 20.

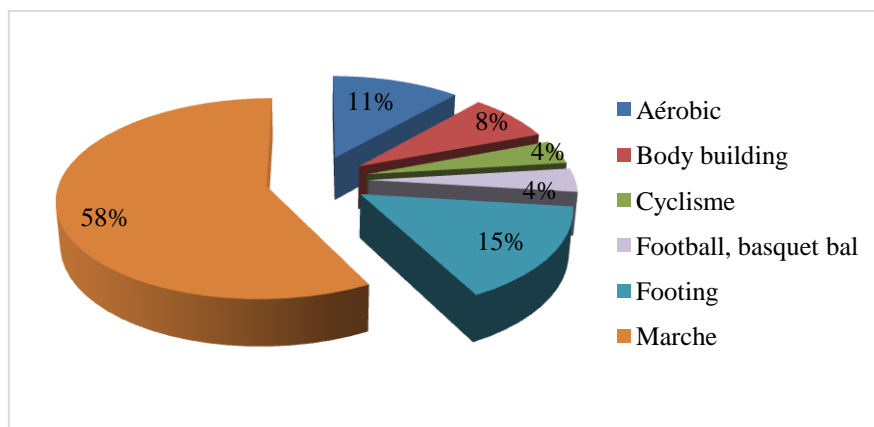


Figure 20. Répartition des personnes interrogées en fonction du sport pratiqué

La figure 20 révèle les différents types de sports pratiqués. Ils sont répartis entre l'aérobie (11%), le body building (8%), le cyclisme (4%), le football et le basket bal (4%), le footing (15%) et la marche (58%).

La figure 21 représente la répartition des personnes interrogées selon le nombre de séances de sport.

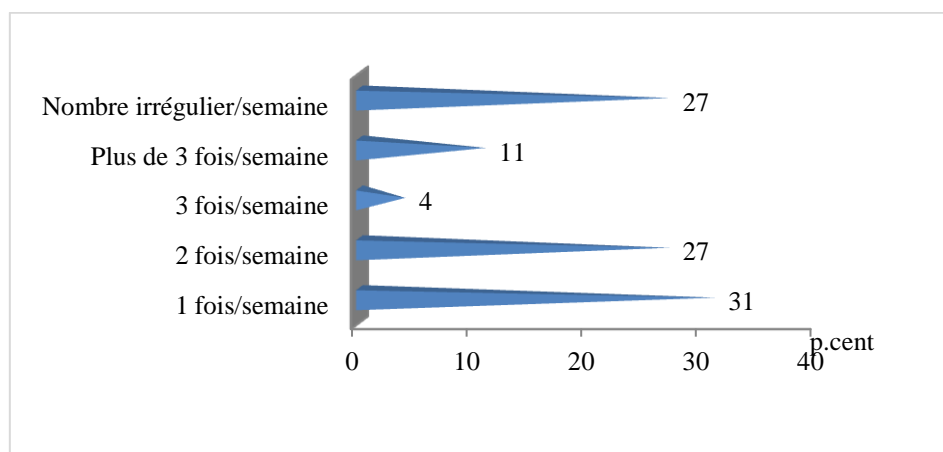


Figure 21. Répartition des sujets en fonction du nombre de séances pratiquées

La figure 21 montre que la majorité des sujets sportifs interrogés équivalents à 31% pratiquent le sport une fois par semaine, 27% deux fois par semaine, seulement 4% trois fois par semaine, 11% plus de trois fois par semaine et 27% pratiquent le sport irrégulièrement durant la semaine.

Selon la réponse des personnes interrogées vis-à-vis de la durée des séances d'exercice physique, nous avons observé 6 tranches. 31% des personnes enquêtées s'exercent durant 1heure de temps, 27% durant 30 min, 15% durant 1h30min, 12% des personnes interrogées s'exercent pendant des durées irrégulières, 11% durant moins de 30 minutes et 4% durant plus de 2h (figure 22).

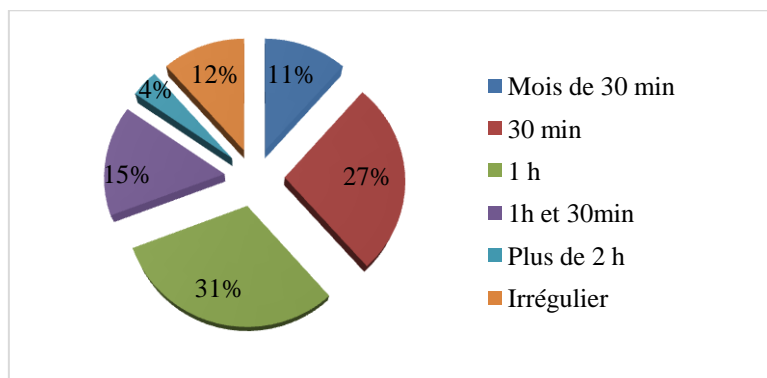


Figure 22. Durée des séances de pratique de sport

Selon la classification basée sur la durée de sport pratiqué et citée par Guilbert et al. (2001), nous pouvons constater que de la majorité des sujets sportifs correspondant à 96% pratiquent modérément le sport (moins de 4 heures de sport par semaine).

1.10 Différents types de stress rencontrés

Le pourcentage de chaque type de stress cité par les sujets interrogés est représenté dans la figure 23.

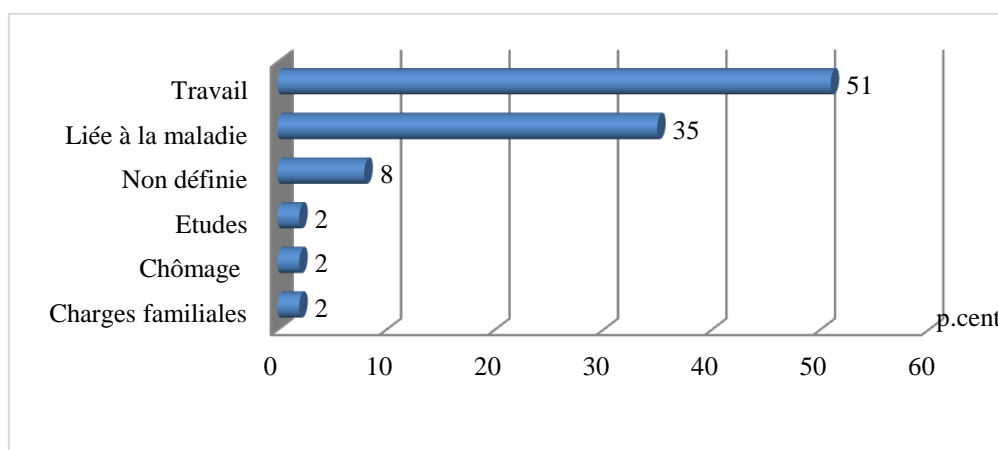


Figure 23. Répartition des personnes interrogées selon le type de stress cité

Sur l'ensemble des personnes interrogées, 62% déclarent qu'ils sont stressés. Le stress lié au travail ce qu'on appelle le stress professionnel est le type de stress le plus rencontré chez 51%, suivi de stress qui est lié à l'état de santé chez 35%, des perturbations non

précises chez 8%, en fin le stress dû aux études, au chômage et à la charge familiale est représenté par 2% pour chaque cas.

1.11 Différentes manières de détente

La figure 24 montre les différentes manières de détente, la moitié des sujets interrogés font des visites, 24% préfèrent dormir, 8% pratiquent du sport, 7% regardent la télévision, 4% lisent et consultent des sites internet et enfin 7% ne font rien lorsqu'ils sont stressés.

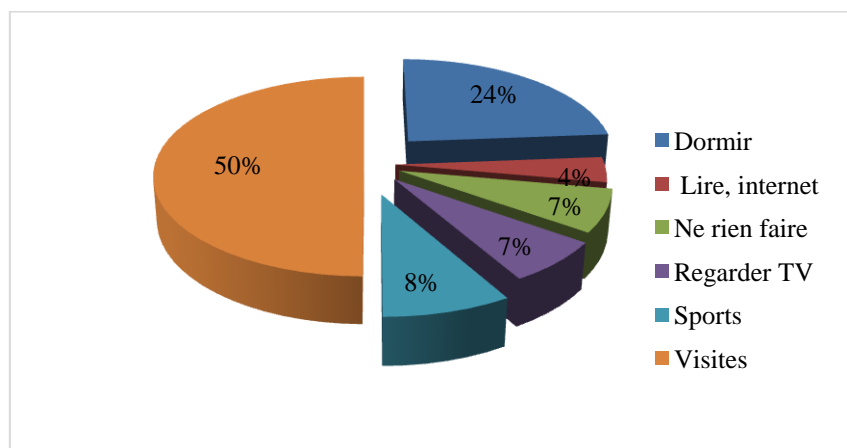


Figure 24. Répartition des personnes interrogées selon les différentes manières de détente

2. Renseignements sur les aliments consommés contenant des polyphénols

Nous avons essayé de regrouper le maximum d'informations en relation avec la source et variation de la teneur en polyphénols totaux à partir des aliments habituellement consommés et qui peuvent, selon la bibliographie, contenir des composés polyphénoliques : légumes, fruits, boissons, aliments à base de céréales, produits sucrés et produits gras .

2.1 Fréquence de consommation des aliments contenant des polyphénols

Les résultats obtenus de l'enquête indiquent que la majorité des aliments contenant des composés polyphénoliques et qui sont exposés sur le marché constantinois sont consommés par nos sujets, mais avec des pourcentages différents. Ce constat est dû aux facteurs suivants: préférence alimentaire, disponibilité saisonnière et coût. L'ordre et le pourcentage de la consommation de ces aliments (légumes, fruits, boissons et tisanes) sont représentés dans le tableau 8.

Nous constatons aussi que la majorité des sujets interrogés (76%) consomment quotidiennement les légumes, où la pomme de terre vient en premier ordre (28,41%).

Quant aux fruits, 48,05% des sujets interrogés les consomment quotidiennement dont 25,77% consomment les bananes en premier ordre.

Concernant les boissons, 39% des personnes interrogées les consomment quotidiennement, avec une grande préférence pour le jus d'orange (49,26%). Parmi les sujets interrogés, seulement 20,05% consomment quotidiennement des tisanes, dont le thé, la menthe et la verveine sont les plus consommés.

Pour les légumes, la totalité de sujets interrogés consomme plusieurs espèces de légumes par jour, par contre pour les fruits seul 56% consomme plusieurs types par jour.

Tableau 8. Classement des aliments contenant des composés polyphénoliques selon la consommation quotidienne.

	Légumes	Fruits	Boissons	Tisanes
Pourcentage de consommateurs	76%	48%	39%	20%
Type des aliments les plus consommés	Pomme de terre 28,41%	Banane 25,77%	Jus d'orange 49,26%	Thé 31,64%
	Tomate 24,45%	Pomme 24,62%	Cocktail de fruit 16,91%	Menthe 26,58%
	Laitue 14,32%	Orange 21,15%	Jus de citron 15,44%	Verveine 16,46%
	Carotte 9 %	Datte 5%	Jus de fraise 5,88%	Origan 10,13%
	Oignon 8,15%	Fraise 4,61%	Jus de raisin 3,68%	Grains de fenouil 5,06%
	Courgette 6,17%	Pastèque 4,23%	Jus d'abricot 2,21%	Camomille 3,8%
	Autres Légumes 9,5%	Autres fruits 14,62%	Autres boissons 6,62%	Autres tisanes 6,33%

Les consommateurs des fruits et légumes quotidiennement sont répartis en 2 groupes : les uns les consomment une fois par jour et les autres plus d'une fois par jour (figure 25).

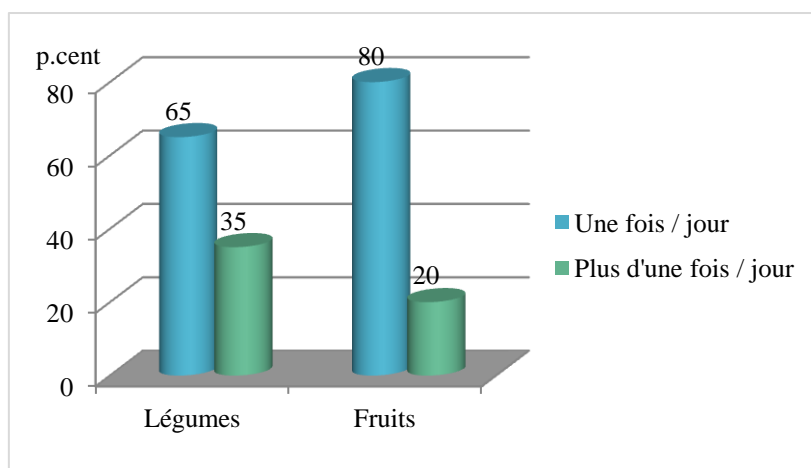


Figure 25. Répartition des sujets interrogés en fonction de la fréquence de consommation des légumes et fruits par jour

En ce qui concerne les légumes, les résultats de l'enquête réalisée indiquent que 65% des consommateurs des légumes les consomment une fois par jour et 35% les consomment plus d'une fois par jour. La même remarque est constatée pour les fruits dont 80% et 20% respectivement pour une fois/jour et plus d'une fois/jour.

Concernant les personnes qui ne consomment pas quotidiennement ces aliments, les raisons du non consommation sont indiquées dans la figure 26.

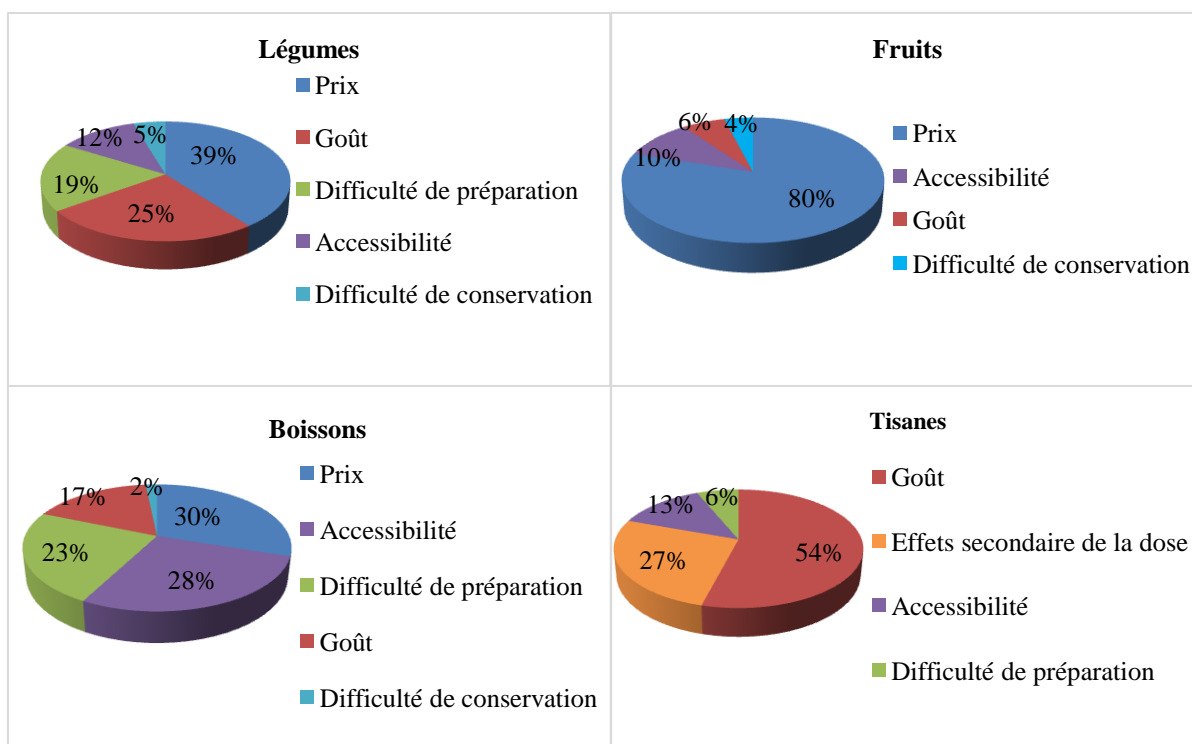


Figure 26. Raisons du non consommation quotidienne des légumes, fruits, boissons et tisanes

Le prix reste le facteur majeur du non consommation chez 39% des sujets interrogés pour les légumes, 80% pour les fruits et 30 % pour les boissons. Tandis que le goût constitue le principal facteur du non consommation quotidienne des tisanes chez 54% des sujets interrogés.

2.2. Modes de consommation des légumes

En ce qui concerne le mode de consommation des légumes (frais ou cuits), 100% des sujets interrogés consomment la laitue fraîche. Pour les autres légumes, ils sont consommés cuits, excepté les légumes cités dans le tableau 9. Le fenouil et la tomate qui sont préférés frais par la majorité des sujets interrogés respectivement équivalents à 67% et 80%.

La répartition des personnes interrogées en fonction du mode de consommation des légumes (cuits, frais et cuits ou frais en même temps) est représentée dans le tableau 9.

Tableau 9. Répartition des sujets interrogés en fonction des modes de consommation quotidienne des légumes

Aliments	Cuits(%)	Frais(%)	Cuits et frais (%)
Artichaut	54	41	5
Carotte	72	10	18
Oignon	30	58	12
Poivron vert	40	23	37
Fenouil	0	67	33
Tomate	0	80	20
Fève	63	19	18

D'après le tableau ci-dessus, le pourcentage moyen de la consommation des légumes frais équivalent à 42,5% est supérieur à celui des légumes cuits (37%).

2.3. Consommation des fruits et légumes selon les saisons

La consommation des légumes et fruits constatée est soit saisonnière soit annuelle. Nous remarquons que parmi les légumes qui sont consommés quotidiennement, 76,23% sont consommés pendant toute l'année et 23,77% sont consommés saisonnièrement.

Au contraire, pour les fruits qui sont consommés quotidiennement, 78% sont consommés saisonnièrement et 22% sont consommés pendant toute l'année (figure 27).

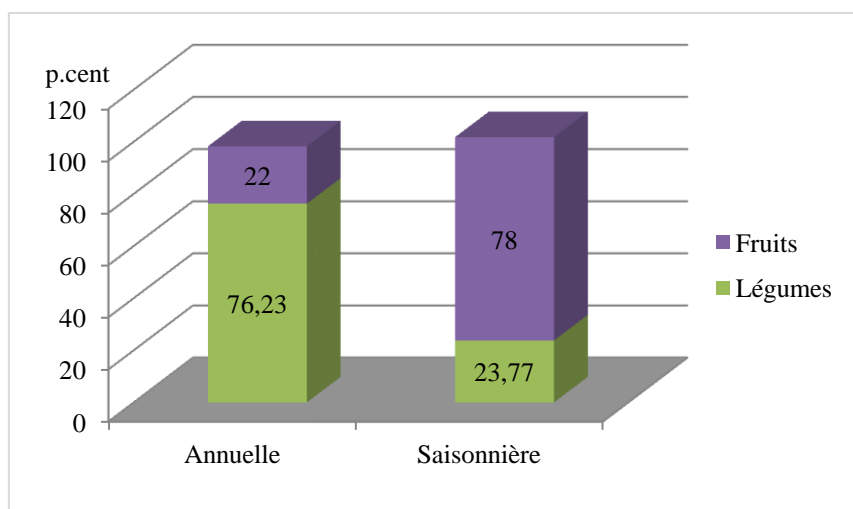


Figure 27. Répartition des légumes et fruits en fonction de la consommation saisonnière ou annuelle

Les saisons de consommation des fruits et légumes sont représentées dans la figure 28.

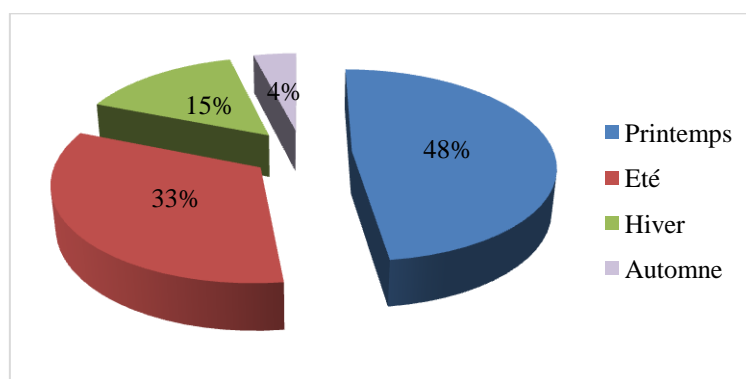


Figure 28. Répartition des sujets selon la saison de consommation des fruits et légumes

D'après la figure 28, nous remarquons que la consommation des fruits et légumes est importante pendant le printemps et l'été par rapport aux autres saisons.

2.4. Consommation des fruits et légumes avec ou sans enveloppe

La consommation des fruits et légumes, avec ou sans enveloppe, varie selon la nature des légumes et des fruits d'une part et les préférences des consommateurs d'autre part. Les pourcentages des personnes interrogées préférant des légumes et des fruits avec enveloppe sont respectivement égaux à 35% et 36% (figure 29).

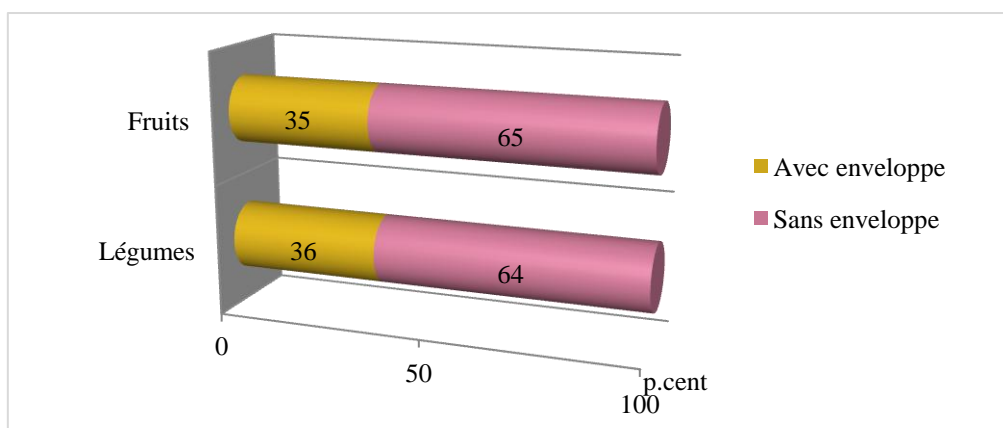


Figure 29. Répartition des personnes interrogées en fonction de la consommation des légumes et fruits sans ou avec enveloppe

2.5. Taille de fruit

En fonction de la taille du fruit consommé, trois classes sont établies et sont exprimées en unités: petite, moyenne et grosse. Les résultats obtenus sont indiqués dans la figure 30.

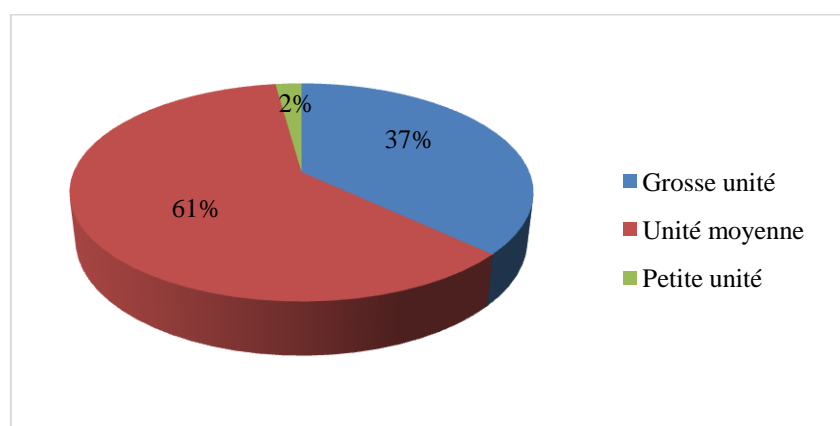


Figure 30. Répartition des personnes interrogées selon la taille du fruit consommé

La plupart des sujets interrogés à 61% consomment des fruits de taille moyenne, 37% préfèrent de gros fruits et 2% consomment des petits fruits.

2.6. Conservation des légumes et des fruits

La durée de conservation des légumes et des fruits est répartie en 4 tranches débutant de 1 jour à 4 jours et plus.

D'après le tableau 10, nous constatons que 41% et 37% respectivement des sujets interrogés conservent les légumes et les fruits. La durée varie d'une espèce à l'autre, elle dure d'un jour à 4 jours et plus. La durée de conservation de 2 jours et de 3 jours des légumes et des fruits est pratiquée par un effectif plus important par rapport aux autres durées

de conservation. 29% et 7% des sujets interrogés conservent, pour 4 jours et plus respectivement les légumes et les fruits.

Tableau 10. Durée de conservation des légumes et fruits selon l'effectif des conservateurs

	Légumes		Fruits	
Pourcentage des sujets conservant les fruits et légumes	41%		37%	
Durée de conservation en jours (j)	1j	3%	1j	16%
	2j	37%	2j	58%
	3j	31%	3j	19%
	4j et plus	29%	4j et plus	7%

Pour les non-conservateurs des légumes et fruits, ils évoquent plusieurs raisons telles que mentionnées dans la figure 31.

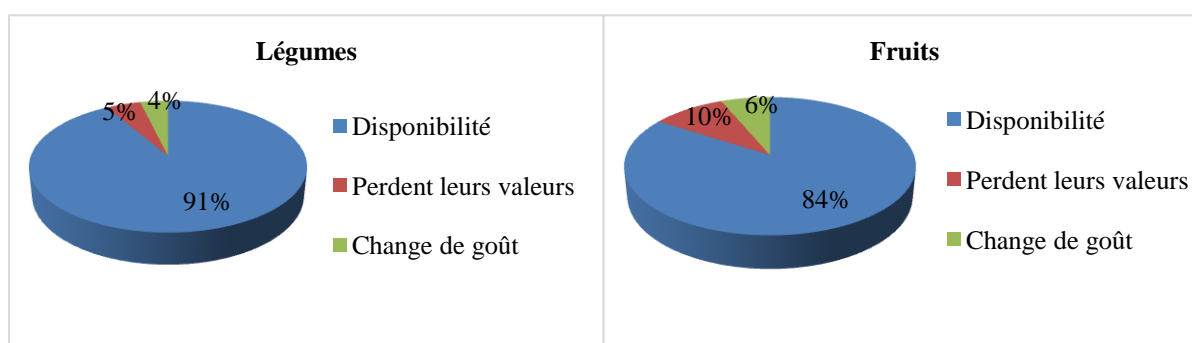


Figure 31. Raisons du non conservation des fruits et légumes

La figure 31 montre que le facteur de disponibilité des fruits et légumes sur nos marchés fait que la raison majeure du non conservation de ces aliments.

Plusieurs sujets interrogés préfèrent préparer leurs boissons. L'ordre et la fréquence de préparation des boissons (exprimés en pourcentage) sont enregistrés dans la figure 32. La préparation des boissons ou jus à base de fruits est de l'ordre de 53,5% pour le jus d'orange, 28% pour le jus de citron tandis que celle du cocktail de fruit, jus de raisin noir et jus de poire est moins élevée par rapport aux autres.

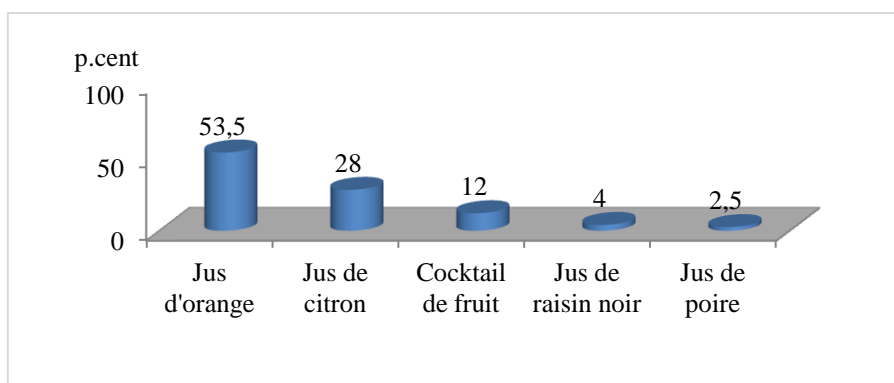


Figure 32. Ordre et fréquence de préparation des boissons

2.7. Autres aliments consommés contenant des polyphénols

2.7.1. Produits céréaliers

Concernant les produits céréaliers, certains sont consommés quotidiennement comme le pain, la galette et les pâtes. La fréquence de consommation de ces produits par jour est répartie en 2 catégories (figure 33).

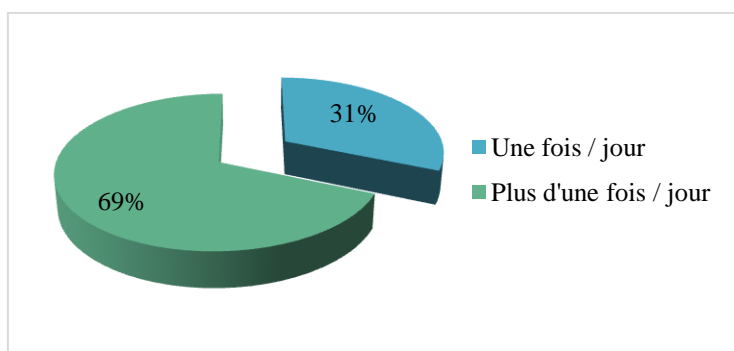


Figure 33 : Répartition des sujets interrogés en fonction de la fréquence de consommation des produits céréaliers

Nous constatons que la majorité des personnes interrogées (69%) consomment des produits céréaliers plus d'une fois par jour et 31% seulement une fois par jour.

2.7.2. Produits gras

La majorité des personnes interrogées (87%) consomment des produits gras, contenant des teneurs variables de composés polyphénoliques, une fois par jour et le reste (13%) plus d'une fois par jour.

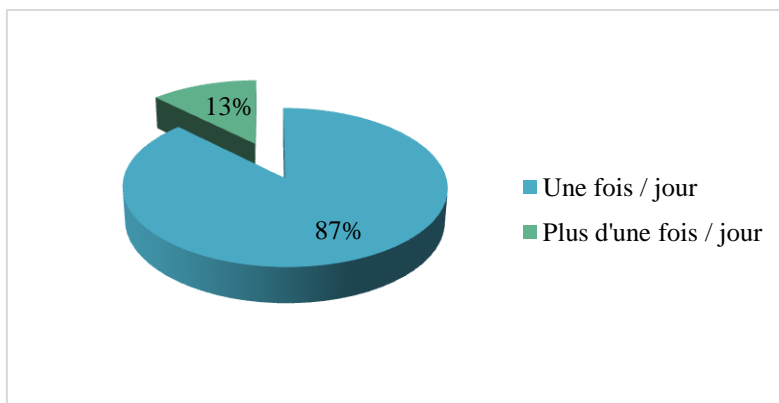


Figure 34. Répartition des sujets personnes interrogés en fonction de la fréquence de consommation des produits gras par jour

Les aliments gras sont consommés sous deux modes : cuit et frais. Selon les résultats des sujets interrogés, les différentes réponses sont soit frais, cuit, cuit et frais en même temps.

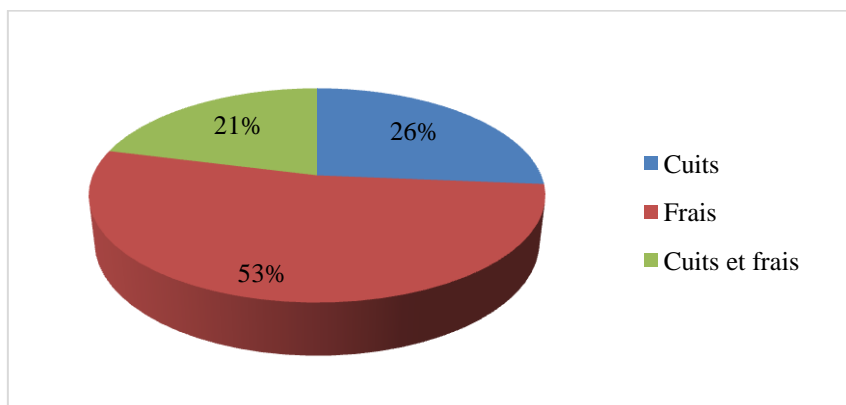


Figure 35. Répartition des sujets interrogés en fonction du mode de consommation des aliments gras

D'après la figure 35, nous avons 53% des sujets consomment des produits gras frais, 26% consomment des produits gras cuits et enfin 21% consomment ces produits cuits et frais en même temps.

2.7.3. Produits sucrés

Les résultats de l'enquête ont révélé que parmi les consommateurs des produits sucrés, supposés contenir des composés polyphénoliques, 68% les consomment une fois par jour (figure 36).

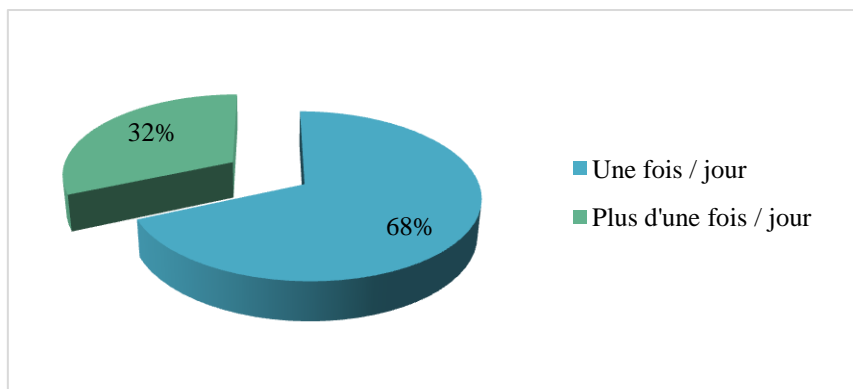


Figure 36. Répartition des sujets interrogés en fonction de la fréquence de consommation des produits sucrés par jour

D'après les résultats indiqués dans la figure 37, la consommation des produits sucrés est soit annuelle (28%) soit saisonnière (17%). La majorité des enquêtés (55%) consomment des produits sucrés durant des périodes non déterminées

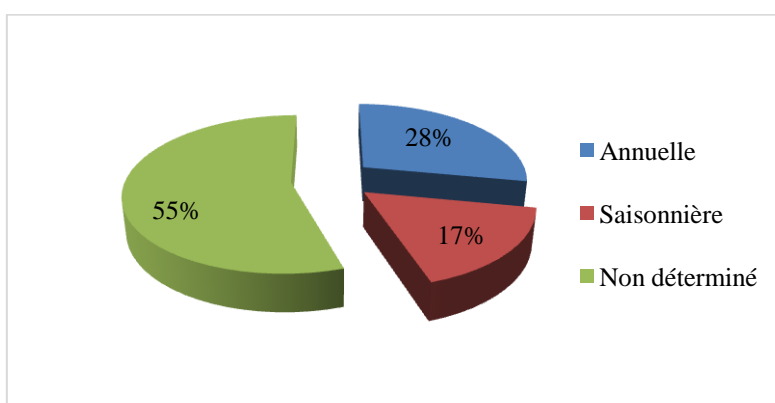


Figure 37. Répartition des sujets interrogés, en fonction de la période de consommation des produits sucrés

2.7.4. Boissons

Selon l'enquête réalisée, 39% des personnes interrogées consomment quotidiennement des boissons supposées contenir des composés polyphénoliques. La consommation à l'état bouilli ou frais dépend de la nature des boissons (café, thé, jus...) (figure 38).

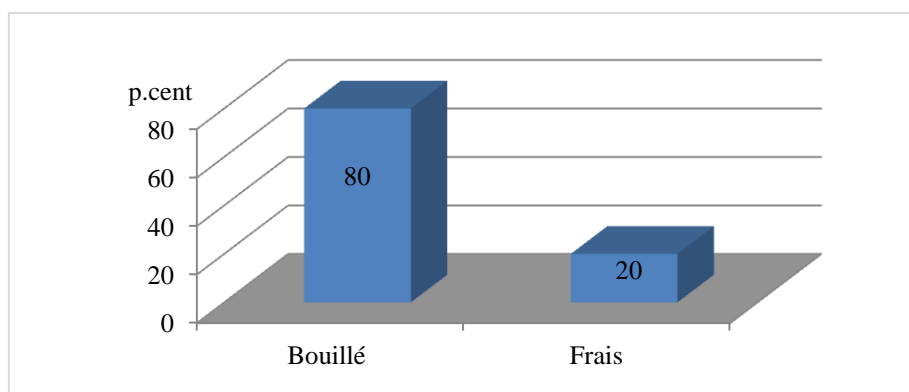


Figure 38. Répartition des sujets interrogés en fonction de l'état de consommation des boissons

D'après la figure ci-dessus, nous constatons que la majorité (80%) consomme des boissons bouillies et seulement 20% consomment des boissons fraîches.

La totalité des personnes interrogées consomment les boissons durant toute l'année.

Les résultats de l'enquête ont révélé que la majorité des consommateurs des boissons (90%) les consomment une fois par jour (figure 39).

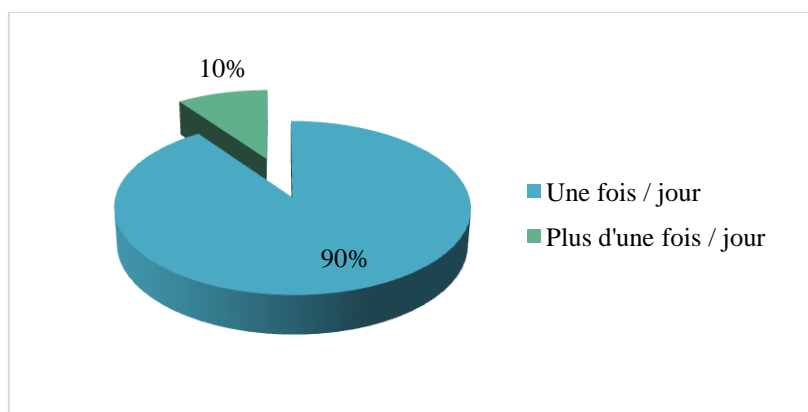


Figure 39. Répartition des personnes interrogées en fonction de la fréquence de consommation des boissons par jour

2.8. Estimation de la moyenne de consommation journalière des différents produits

A l'issu des résultats obtenus à partir des différents produits consommés par les sujets interrogés et en tenant compte des quantités, les moyennes de consommation journalière (MCJ) pour les différents aliments supposés contenir des composés polyphénoliques (légumes, fruits, produits céréaliers, produits gras, produits sucrés et boissons) sont représentés dans le tableau 11.

Tableau 11. Moyennes de consommation journalière des différents produits.

Aliments	MCJ (g/j)
Légumes et fruits	119,63 ± 49,83
Produits céréaliers	252,37± 60,33
Produits gras	72,50 ± 20,67
Produits sucrés	57,69 ± 23,88
Boissons	99,55 ± 45,24

MCJ : Moyenne de consommation journalière.

3. Comparaison entre les sujets sains et les sujets malades

3.1. Facteurs de risque et état de santé des sujets interrogés

Dans cette partie, nous avons tenté d'étudier certains facteurs pouvant être des facteurs de risque comme: la surcharge pondérale, la mort subite dans la famille, le tabagisme, la présence d'antécédents familiaux, le stress et le syndrome de sédentarité (moyen de transport et manière de détente) (LEVY et LUDES., 2007).

3.1.1. Surcharge pondérale

La figure 40 représente la proportion des sujets en fonction de la surcharge pondérale (surpoids et obésité) chez les deux groupes (sujets sains et sujets malades).

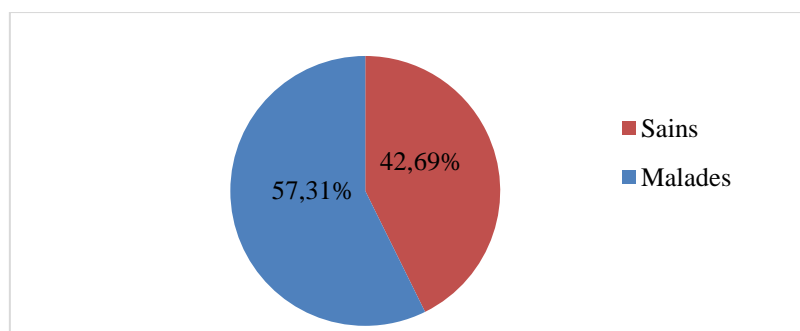


Figure 40. Répartition des sujets en fonction de la surcharge pondérale chez les deux groupes (sains et malades)

La proportion de la surcharge pondérale est élevée chez le groupe malade (57,31%) par rapport aux sujets sains (42,69%).

3.1.2. Cas de mort subite dans les familles

La figure 41 représente le pourcentage de mort subite dans les familles des sujets malades et des sujets sains.

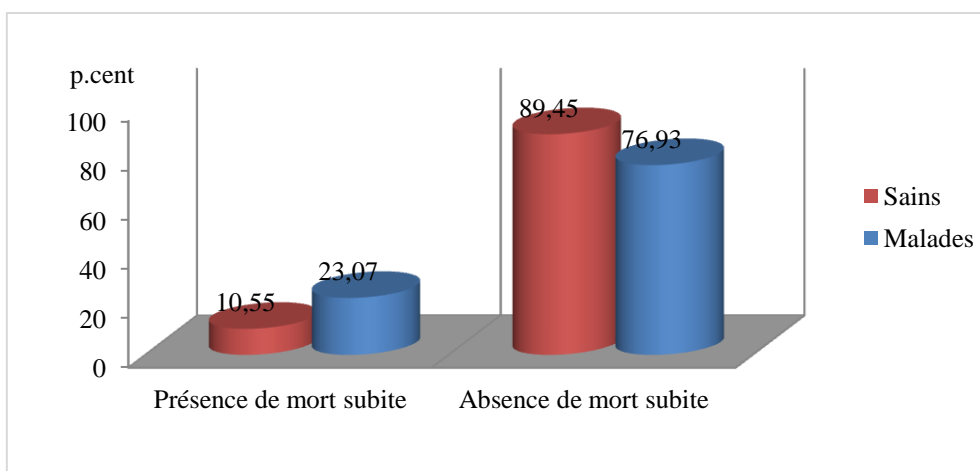


Figure 41. Pourcentage de mort subite dans les familles des sujets malades et des sujets sains

Le pourcentage de la mort subite dans les familles des malades est de l'ordre de 23,07%. Il est supérieur à celui des sujets sains (10,55%). Les principales causes de mort subite dans les familles selon les sujets interrogés sont représentées dans la figure 42.

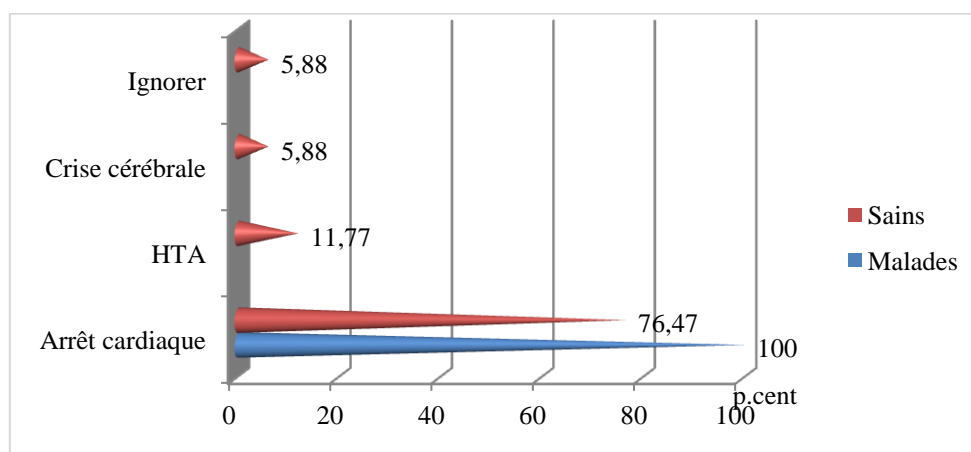


Figure 42. Causes de la mort subite dans les familles des sujets interrogés

Le groupe des sujets malades interrogés, concernés par des cas de mort subite dans leurs familles, déclare comme cause principale l'arrêt cardiaque (100%). Quant aux sujets sains, 76,47% des cas de mort subite sont d'origine cardiaque, 11,77% sont des décès causés subitement par l'hypertension et 5,88% à cause des accidents cérébraux.

3.1.3. Tabagisme

La figure 43 représente la répartition des sujets malades et des sujets sains selon le facteur de tabagisme.

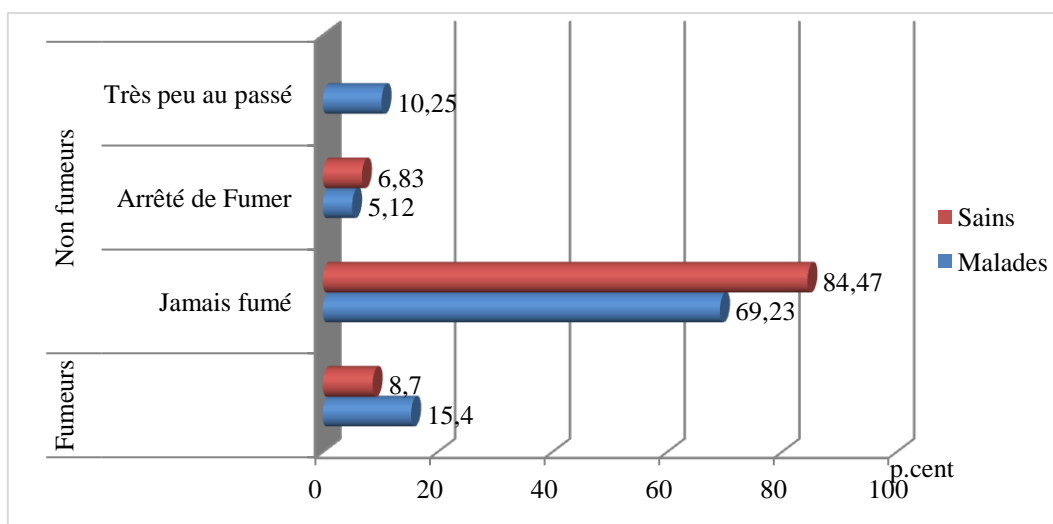


Figure 43. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon le facteur de tabagisme

Chez le groupe des sujets malades, la catégorie des fumeurs (15,40%) est supérieure à celle du groupe sain (8,70%). A l'inverse chez le groupe sain, les pourcentages des sujets qui n'ont jamais fumé et les sujets qui ont arrêté de fumer sont élevés.

La figure 44 représente le pourcentage de consommation des deux groupes par rapport au nombre de cigarettes consommées par jour.

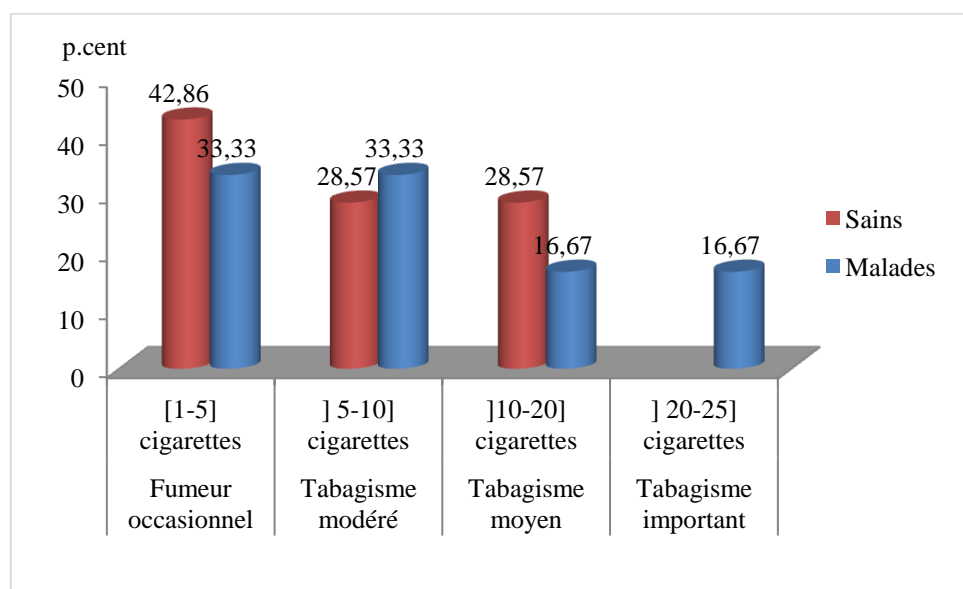


Figure 44. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon le niveau de tabagisme

La figure ci-dessus montre que les sujets sains sont beaucoup plus des fumeurs occasionnels (42,86 %). Le nombre moyen de cigarettes consommées par jour pour les malades ($25 \pm 7,39$) est supérieur à celui des sujets sains ($20 \pm 6,45$). Le tabagisme important (> 20 cigarettes / jour) n'existe que chez les sujets malades interrogés.

La figure 45 représente la fréquentation des sujets malades et des sujets sains avec les fumeurs.

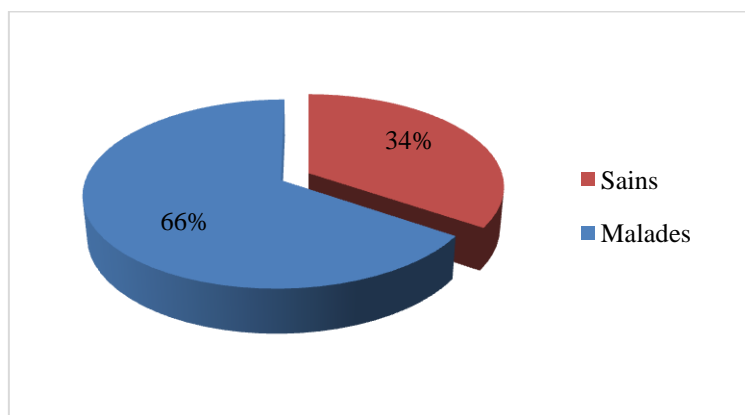


Figure 45. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon la fréquentation des fumeurs

66% des sujets malades ont une fréquentation élevée avec des fumeurs par rapport aux sujets sains (34%).

3.1.4. Antécédents familiaux

La figure 46 représente la fréquence d'antécédents familiaux chez les sujets malades et les sujets sains.

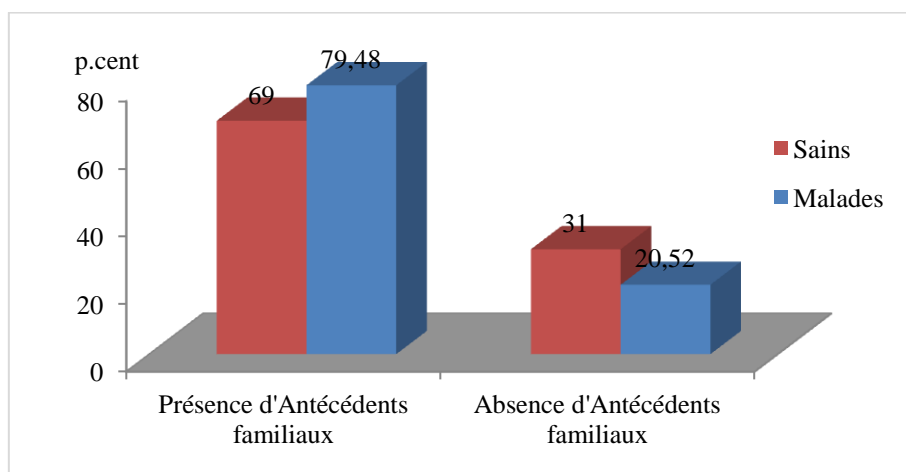


Figure 46. Pourcentage d'antécédents familiaux dans les deux groupes (sain et malade)

Le pourcentage d'antécédents familiaux est élevé dans les deux groupes, mais celui des sujets malades (79,48%) est supérieur à celui des sujets sains (69%).

3.1.5. Fréquence et types de stress rencontré

La figure 47 représente le pourcentage des sujets stressés pour les deux groupes (sain et malades).

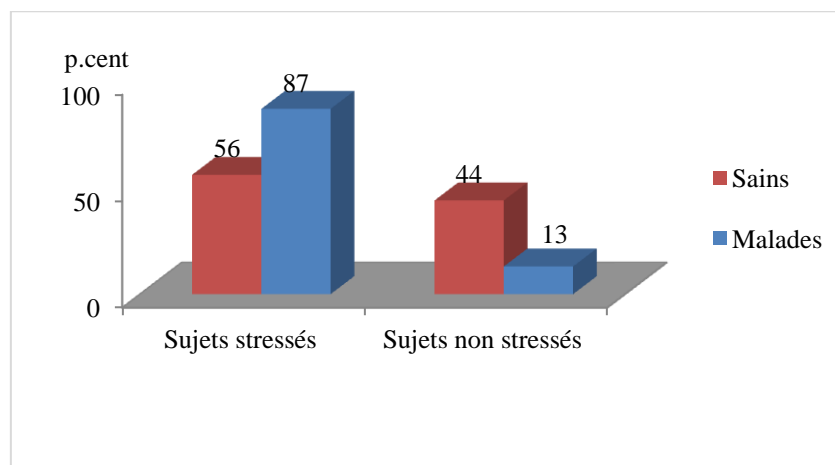


Figure 47. Pourcentage des sujets stressés

Nous remarquons que les sujets stressés au sein du groupe malade sont majoritaires (87%), par rapport à ceux du groupe sain avec un pourcentage de 56%.

3.1.6. Syndrome de sédentarité

L'inactivité physique n'est pas seulement représentée par l'absence d'activité physique mais aussi par la facilité de transport, la manière de se détendre (regarder la télévision, travailler sur un ordinateur ou avoir une activité intellectuelle et même dormir) (DUBOT-GUAIS, 2005).

L'existence ou non d'un moyen de transport pour aller aux lieux de travail est représenté dans la figure 48.

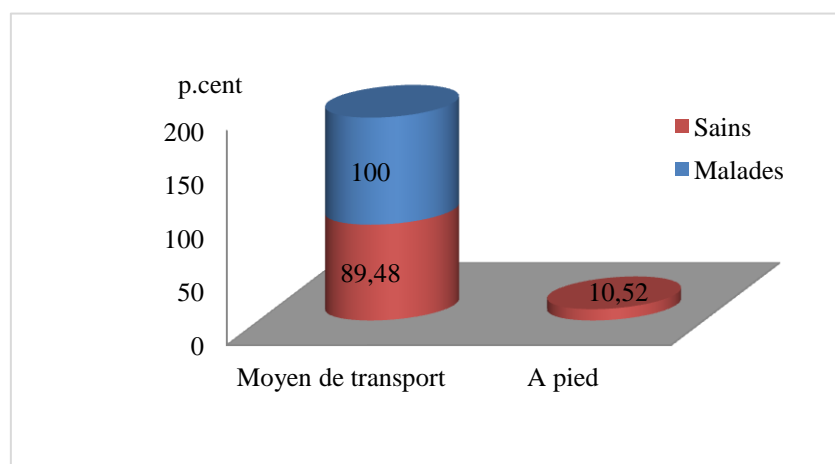


Figure 48. Pourcentage d'utilisation des moyens de transport

La figure 48 montre clairement que la totalité des sujets malades (100%) utilisent des moyens de transport (bus, taxi ou véhicule personnelle). La marche est seulement pour les distances inférieures à 10Km, elle est pratiquée par 10,52% des sujets sains.

Les différentes pratiques de détente sont représentées dans la figure 49.

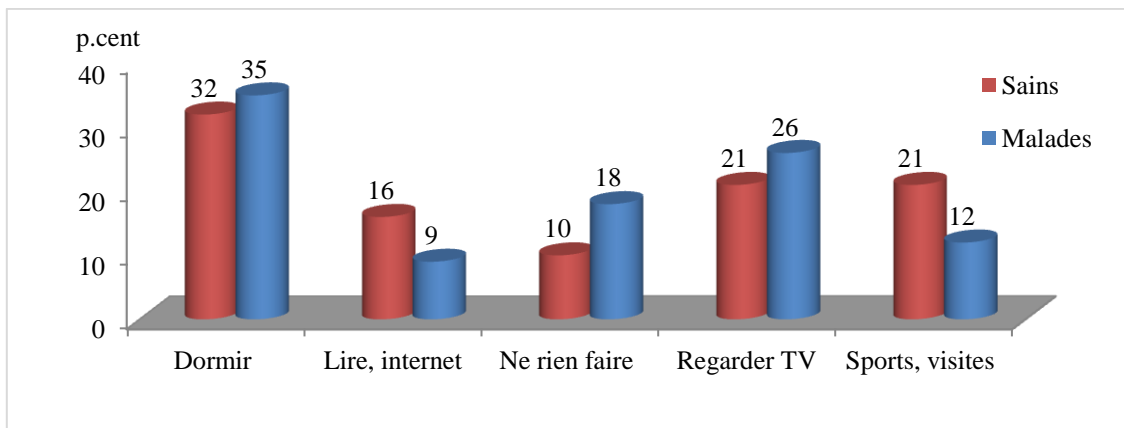


Figure 49. Moyens de détente

A l'exception de la pratique des différents types de sport et des visites qui ne font pas partie de la sédentarité, les autres pratiques ont un pourcentage élevé chez les sujets malades que les sujets sains excepté la lecture et la consultation des sites d'internet. Le niveau de sédentarité est plus élevé pour le groupe malade que le groupe sain.

3.2. État de santé des sujets interrogés et facteurs de prévention

Un environnement sain se caractérise non seulement par l'absence de facteurs de risque, mais aussi par la présence de facteurs de promotion de la santé (DUBOT-GUAIS, 2005).

3.2.1 Activité sportive

La répartition des deux groupes en fonction de l'activité sportive est représentée dans la figure 50.

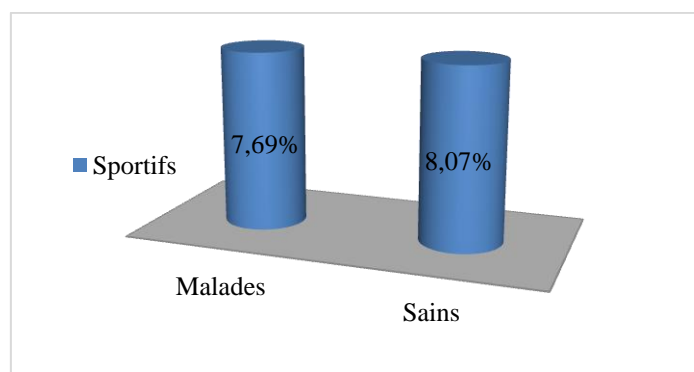


Figure 50. Répartition des sujets malades et des sujets sains selon l'activité sportive

Parmi les sujets sportifs de la population étudiée (13%), nous avons seulement 7,7% des sujets sportifs qui sont malades et 8,07% des sujets sportifs qui sont sains, donc les sportifs sont minoritaires dans les deux groupes. Selon la durée de l'activité sportive, deux types de pratique ont été remarqués : pratique modérée et pratique soutenue (figure 51).

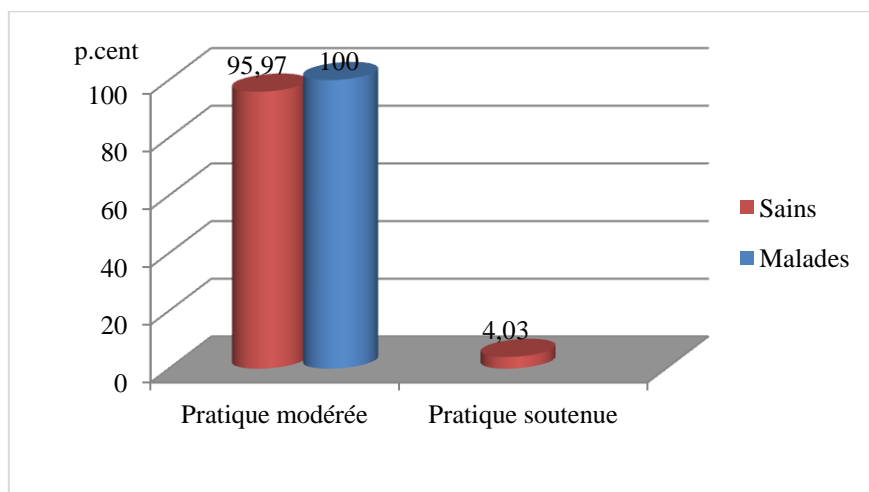


Figure 51. Répartition des sujets interrogés en fonction de la durée de l'activité sportive

Tous les sujets malades (100%) pratiquent modérément le sport (moins de 4 heures de sport/semaine). Quant aux sujets sains, 4,03% pratiquent 4 heures de sport/semaine (pratique soutenue).

3.2.2. Consommation quotidienne des groupes d'aliments

La figure 52 illustre la différence de pourcentage entre les deux groupes supposés contenir des polyphénols vis-à-vis de la consommation quotidienne des légumes, fruits, boissons et tisanes.

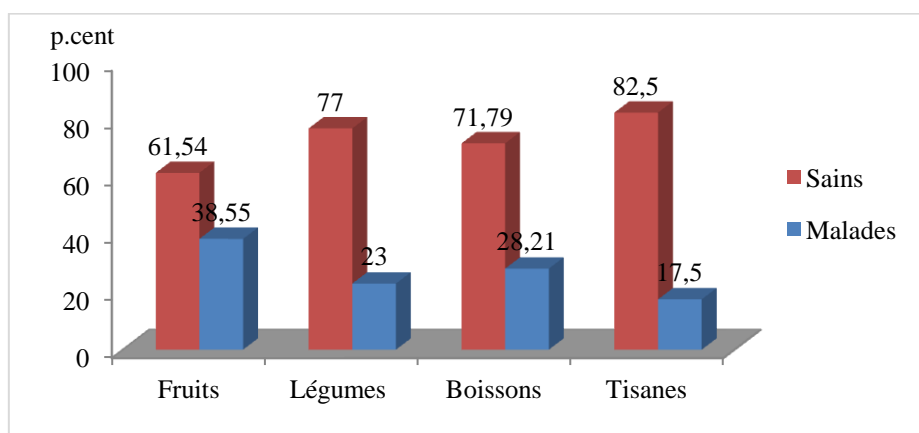


Figure 52. Consommation quotidienne des produits alimentaires chez les sujets sains et les sujets malades

Pour tous les groupes d'aliments, la consommation quotidienne des sujets malades est inférieure par rapport à celle des sujets sains.

3.2.3. Conservation des fruits et légumes

Le pourcentage des sujets interrogés, qui procèdent à la conservation des fruits et des légumes selon les deux groupes, est représenté dans la figure 53.

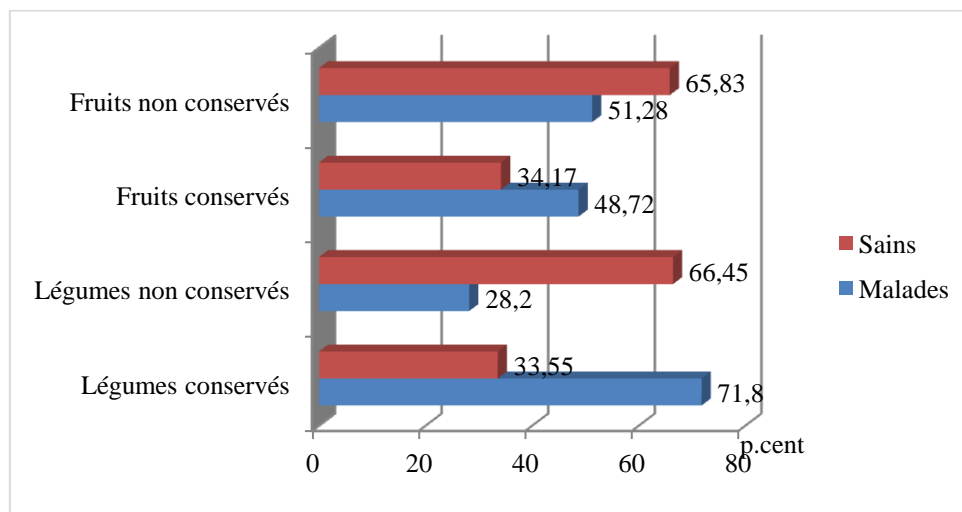


Figure 53. Répartition des sujets selon la conservation ou non des fruits et légumes

La conservation des fruits et légumes est pratiquée par les deux groupes avec une supériorité pour les sujets malades.

3.2.4. Préparation des boissons

Le taux de préparation des boissons (exprimé en pourcentage) est enregistré dans la figure 54.

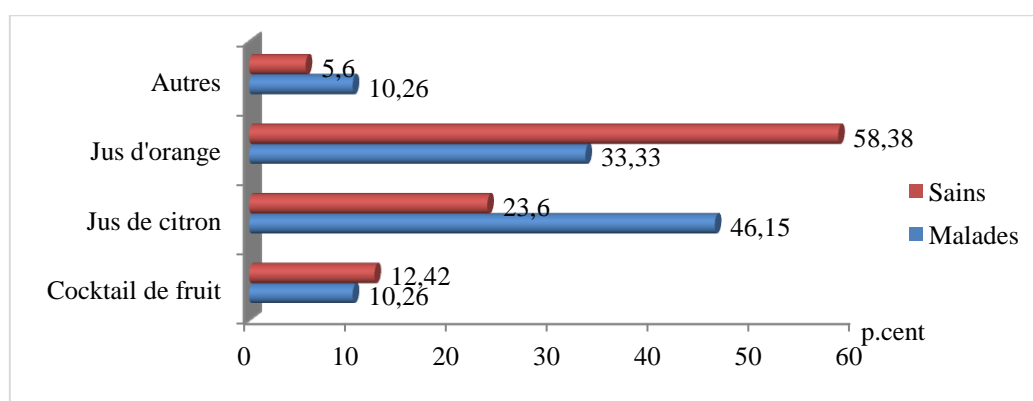


Figure 54. Répartition des sujets en fonction de la fréquence de préparation des boissons

D'après la figure 54, nous remarquons que les sujets malades préparent eux même des jus à base de citron (46,15%) plus que les sujets sains (23,6%). Selon les réponses des sujets interrogés, le jus de citron est utilisé en tant que remède plus qu'aliment. La préparation des autres boissons est plus marquée chez le groupe des sujets sains.

3.2.5. Consommation des aliments contenant des polyphénols

3.2.5.1. Fréquence journalière de consommation des aliments riches en polyphénols

Nous avons distribué les deux groupes des sujets (sains et malades) selon les fréquences de consommation journalière (nombre de fois par jour) des aliments.

Tableau 12. Fréquence journalière de consommation des aliments chez les sujets sains et les sujets malades interrogés

Fréquence journalière (%)	Sains				Malades			
	1 fois / jour	2 fois / jour	3 fois / jour	Plus de 3 fois / jour	1 fois / jour	2 fois / jour	3 fois / jour	Plus de 3 fois / jour
Légumes	68	17	10	5	51	24	22	3
Fruits	82	10,2	3,1	4,7	46	12,3	2,04	0
Produits céréaliers	26	40,9	14,58	18,52	51	5,19	29,11	14,7
Produits gras	99	1	0	0	36	64	0	0
Produits sucrés	92	3,2	1,9	2,9	38	48,6	10,2	3,2
Boissons	11	79,02	9,98	0	5	78,62	14,08	2,3

Le tableau ci-dessus donne la distribution des fréquences de consommation des aliments pour les deux groupes. La fréquence journalière de consommation des fruits et légumes, correspondant à une fois et plus de 3 fois pendant le jour, est plus intéressante chez le groupe sain. Alors que pour les sujets malades, la fréquence de consommation une fois par jour de produits céréaliers, deux fois par jours de produits gras et sucrés et trois fois et plus de trois fois par jour de boissons, est supérieur à celle du groupe des sujets sains.

3.2.5.2. Modes de consommation des aliments

Dans cette partie, nous avons représenté le mode (cuit ou frais), la manière (avec ou sans enveloppe) et la fréquence (saisonnière ou annuelle) de consommation des aliments pour les sujets sains et malades interrogés.

Concernant les fruits et les légumes, la consommation est à 100% avec enveloppe lorsque cette dernière est consommable et sans enveloppe dans le cas inverse (cas de la pomme de terre,...). Quelques légumes cités (aubergine, carotte, concombre, poivron vert et tomate) et trois fruits cités (nèfle, pomme et poire) sont consommés avec et sans enveloppe

avec des proportions variables entre le groupe sain et le groupe malade. Le pourcentage de consommation des fruits et légumes avec enveloppe est représentée dans la figure 55.

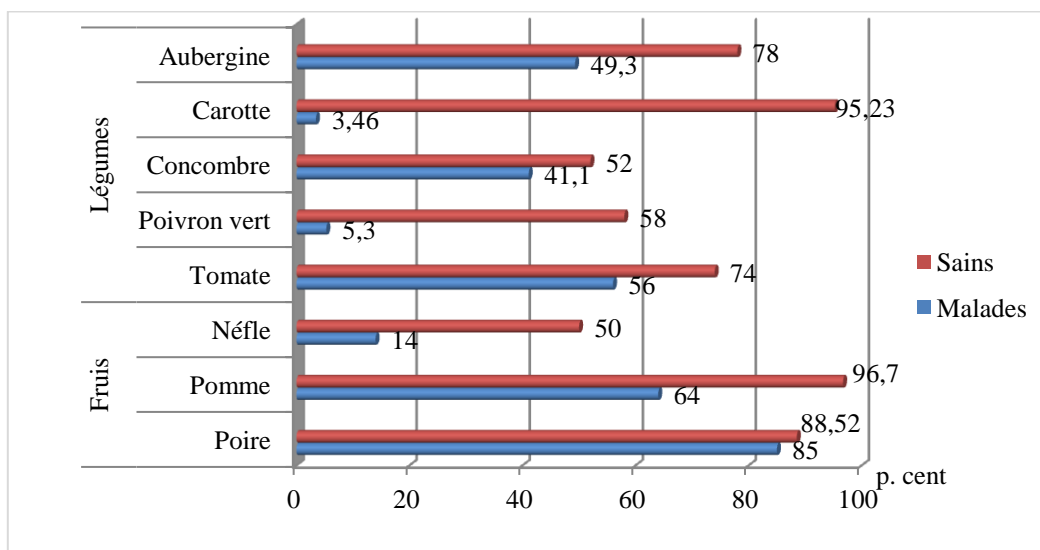


Figure 55. Pourcentage de consommation de certains fruits et légumes avec enveloppe

D’après la figure 55, nous remarquons que les sujets sains consomment plus des fruits et des légumes avec enveloppe.

Concernant l’état de consommation, les pourcentages de consommation des légumes frais, cuits ou frais et cuits sont illustrés dans la figure 56.

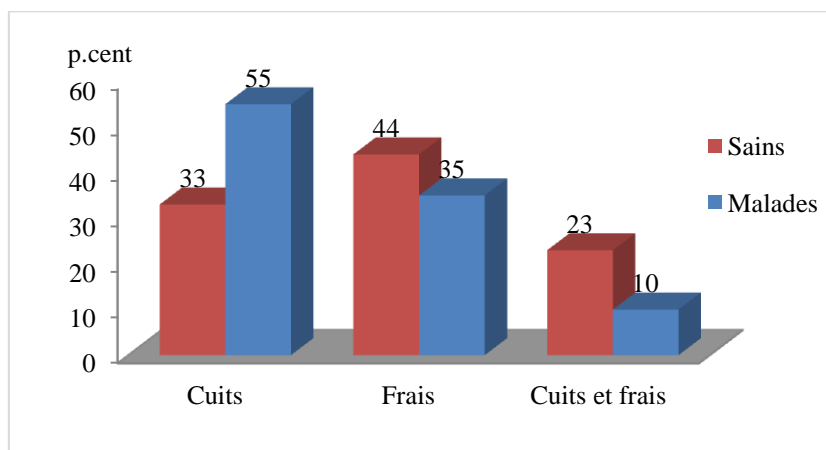


Figure 56. Répartition des sujets sains et malades en fonction du mode de consommation des légumes

A la lecture de la figure 56, la consommation des légumes frais semble être plus marquée chez le groupe sain (44%) que chez le groupe malade.

3.2.5.3. Consommation journalière moyenne des aliments contenant des polyphénols

Les fréquences moyennes de consommation des aliments riches en polyphénols, notamment les légumes, les fruits, les produits à base de céréales, les jus à base de fruits, les tisanes, etc. Sont représentées dans le tableau 13.

Tableau 13. Consommation journalière moyenne des aliments (g/ jour)

	Sujets sains			Sujets malades	
	Aliments	Moy ± ET	Médiane	Moy ± ET	Médiane
Légumes (g)	Artichaut	497,98±301,35	600	434,61±338,17	300
	Aubergine	124,10±116,84 ^{#S}	69	130,61±152,57 ^{#S}	69
	Betterave	113,16±82,44 ^{#S}	100	124,92±133,43 ^{#S}	200
	Choux	436,09±376,12 ^{#S}	500	61,53±37,66 ^{#S}	80
	Carotte	158,48±151,38 ^{#S}	125	92,94±79,66 ^{#S}	125
	choux-fleurs	287,22±337,35 ^{#S}	100	178,97±262,97 ^{#S}	80
	Concombre	114,14±99,04	100	103,20±124,23	0
	Courgette	117,57±85,53 ^{#S}	100	253,84±109,65 ^{#S}	300
	Epinards	112,22±86,23 ^{#S}	100	79,48±60,39 ^{#S}	100
	Haricots	139,57±101,53 ^{#S}	125	77,56±59,54 ^{#S}	100
	Laitue	303,10±261,22 ^{#S}	300	96,15±57,79 ^{#S}	100
	Oignon	83,85±75,74	100	74,35±44,23	100
	poivron vert	185,94±124,31 ^{#S}	200	148,71±88,47 ^{#S}	200
	poivron rouge	106,14±104,25 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
	Navet	5,74±31,03 ^{#S}	0	0 ^{#S}	0
	pomme de terre	240,99±148,65 ^{#S}	160	164,10±106,93 ^{#S}	160
	Radis	0	0	0	0
	Fenouil	149,88±105,41 ^{#S}	125	0 ^{#S}	0
	Lentille	78,62±71,23	84	82,46±46,97	96
	Pois	61,24±71,14 ^{#S}	0	0 ^{#S}	0
	pois chiche	90,23±82,22 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
	Poireau	50,93±51,83 ^{#S}	50	0 ^{#S}	0
	Oignon rouge	70,80±63,62 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
	Oignon blanc	95,03±87,17 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
	Tomate	89,62±88,69	130	83,97±58,34	75
	Fèves	59,53±66,78 ^{#S}	30	0 ^{#S}	0

		Sujets sains		Sujets malades	
	Aliments	Moy ± ET	Médiane	Moy ± ET	Médiane
	Fruits (g)	Abricot	51,89±35,87	45	48,46±36,33
Pêche		162,11±87,10 ^{#S}	150	115,38±94 ^{#S}	150
Prune		51,80±52,81 ^{#S}	30	37,69±32,80 ^{#S}	30
Poire		157,26±86,99 ^{#S}	120	121,53±67,41 ^{#S}	120
Pomme		153,45±85,52 ^{#S}	150	106,57±84,76 ^{#S}	150
Cerise		60,40±78,68 ^{#S}	0	0 ^{#S}	0
Datte		93,78±24,21 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
Datte séchée		44,56±37,36 ^{#S}	75	0 ^{#S}	0
Figue		131,05±86,77 ^{#S}	150	73,07±39,48 ^{#S}	100
Figue séchée		0	0	0	0
Fraise		123,29±24,22 ^{#S}	125	0 ^{#S}	0
Orange		181,98±78,17 ^{#S}	200	102,56±74,29 ^{#S}	100
Nèfle		73.51±56.81 ^{#S}	84,54	67.09±61.87 ^{#S}	84,54
Ananas		0	0	0	0
Mandarine		95,09±69,03	90	94,10±64,96	90
Banane		214,28±89,86 ^{#S}	200	121,79±75,03 ^{#S}	150
Grenade		211,49±84,44 ^{#S}	260	128,97±64,06 ^{#S}	180
Melon		128,19±74,44 ^{#S}	160	67,69±29,24 ^{#S}	80
Pastèque		84,47±28,63	80	69,74±73,82	80
Pamplemousse		0	0	0	0
Mangue		0	0	0	0
Raisin vert		116,25±34,70 ^{#S}	125	79,48±49,95 ^{#S}	100
Raisin noire		88,43±46,74 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
Figue de barbarie		495±125,41 ^{#S}	540	180±135,19 ^{#S}	180
Kiwi		0	0	0	0
Avocat		0	0	0	0
Pain farine raffinée		245,15±31,65 ^{#S}	250	288,46±107,88 ^{#S}	250
Galette (semoule raffinée)		90,62±116,07 ^{#S}	0	120,51±58,17 ^{#S}	100
Galette (semoule complète)		129,68±183,80 ^{#S}	0	0 ^{#S}	0
Pain d'orge (farine complète)		0 ^{#S}	0	115,38±126,25 ^{#S}	0
farine de maïs raffinée	0	0	0	0	
Grains de maïs	0 ^{#S}	0	107,69±68,38 ^{#S}	150	
Grains de riz	99,53±17,16 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0	
Pâtes (farine complète)	0	0	0	0	
Pâtes (farine raffinée)	105,05±83,80 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0	
Produits gras (g)	Amandes	51,93±51,59 ^{#S}	20	76,92±42,68 ^{#S}	100
	Cacahuètes	95±41,53 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
	Noix	83,75±40,03 ^{#S}	100	0 ^{#S}	0
	Pistaches	188,81±48,40 ^{#S}	200	0 ^{#S}	0
	Olives vertes	117,85±27,16 ^{#S}	125	96,15±50,82 ^{#S}	125
	Olives noires	115,21±37,20 ^{#S}	125	0 ^{#S}	0
	Huile d'olive vierge	0	0	0	0
	Huile d'olive	23,62±11,47 ^{#S}	30	16,15±12,11 ^{#S}	15

		Sujets sains		Sujets malades	
Aliments		Moy ± ET	Médiane	Moy ± ET	Médiane
Produits sucrés (g)	Chocolat noir	37,23±38,90 ^{#S}	40	21,79±30,44 ^{#S}	0
	Chocolat au lait	92,54±39,61	100	84,61±30,68	100
	Gâteau à cacao	219,06±87,15 ^{#S}	250	39,94±90,97 ^{#S}	0
	Confiture de pomme	41,18±12,58 ^{#S}	45	0 ^{#S}	0
	Confiture de cerise	0	0	0	0
	Confiture de prune	0	0	0	0
	Confiture de mure	0	0	0	0
	Confiture d'abricot	56,15±14,97 ^{#S}	60	19,61±23,63 ^{#S}	15
	Confiture d'orange	40,99±13,80 ^{#S}	45	0 ^{#S}	0
	Confiture de raisin	13,97±23,18 ^{#S}	0	0 ^{#S}	0
	Confiture de poire	0	0	0	0
	Confiture de pêche	0	0	0	0
	Confiture de datte	0	0	0	0
	Confiture de fraise	67,36±20,88 ^{#S}	75	0 ^{#S}	0
Boissons (ml)	Thé vert	239,13±54,82 ^{#S}	250	0 ^{#S}	0
	Thé noir	170,31±118,53 ^{#S}	250	0 ^{#S}	0
	Café bouilli	220,49±80,90 ^{#S}	250	173,07±116,89 ^{#S}	250
	Café pressé	198,75±101,23 ^{#S}	250	0 ^{#S}	0
	Jus d'orange	249,06±71,09 ^{#S}	250	150±125,78 ^{#S}	125
	Jus d'orange sanguine	252,48±70,09 ^{#S}	250	0 ^{#S}	0
	Jus de citron vert	77,32±78,35 ^{#S}	125	219,23±117,88 ^{#S}	250
	Jus d'ananas	0	0	0	0
	Jus de raisin noir	0	0	0	0
	Jus de poire	0	0	0	0
	Cocktail de fruits	229,81±68,32 ^{#S}	250	166,66±119,39 ^{#S}	250
	Tisanes ou infusion d'herber	97,81±101,80	125	76,92±73,75	125

^{#S} Différence significative (p > 0,05)

Le tableau 13 donne la distribution des fréquences de consommation des aliments en gramme par jour pour les deux groupes (sujets sains et malades).

- Fruits et légumes

La consommation des fruits et légumes quotidienne est enregistrée chez 69,66% des sujets sains et elle est de 61,36% chez les sujets malades. La consommation quotidienne moyenne des légumes est de 145,08±84.53 g/j ; celle des fruits est de 105, 79±72,85 g/j pour les sujets sains. Alors que la consommation moyenne des légumes est de 84, 13±68,21 g/j et celle des fruits est de 53,88±49,14 g/j pour les sujets malades. La différence est significative pour la majorité des fruits et légumes (p > 0,05).

- Produits céréaliers

Les céréales les plus consommées chez les sujets sains interrogés sont, par ordre décroissant : le pain à base de farine raffinée ($245,15 \pm 31,65$ g/j.), la galette à base de semoule complète ($129,68 \pm 183,80$ g/j.), les pâtes à base de farine raffinée ($105,05 \pm 83,80$ g/j.), le riz entier (grains) ($99,53 \pm 17,16$ g/j.) et la galette à base de semoule raffinée ($90,62 \pm 116,07$ g/j.). Pour les sujets malades interrogés, le pain à base de farine raffinée ($288,46 \pm 107,88$ g/j.), la galette à base de semoule raffinée ($120,51 \pm 58,17$ g/j.), le pain d'orge à base de farine complète ($115,38 \pm 126,25$ g/j.) et le maïs grains entiers ($107,69 \pm 68,38$ g/j.). Presque tous les sujets interrogés consomment quotidiennement le pain et la galette. Pour la totalité des céréales consommées la différence est significative ($p > 0,05$).

- Produits gras

La consommation moyenne des grains oléagineux est de $104,87 \pm 41,96$ g/j chez les sujets sains et de $19,23 \pm 28,84$ g/j chez les sujets malades ; Celle des fruits oléagineux est de $116,53 \pm 1,32$ g/j chez les sujets sains. Les sujets malades consomment seulement des olives vertes avec une moyenne de $96,15 \pm 50,82$ g/j.

L'huile d'olive est le produit gras le moins consommé avec une moyenne de $23,62 \pm 11,47$ g/j et de $16,15 \pm 12,11$ g/j respectivement pour les sujets sains et les sujets malades interrogés. La différence entre les deux groupes est significative ($p > 0,05$).

- Produits sucrés

La consommation des chocolats, des gâteaux et des confitures est très faible surtout pour les sujets malades avec une consommation moyenne de $11,85 \pm 16,93$ g/j ; celle du groupe sain est de $40,60 \pm 39,09$ g/j. La différence entre les deux groupes est significative ($p > 0,05$).

- Boissons

Le café, le thé, les tisanes et les jus (boissons à base de fruits) sont consommés par 41,61% des sujets sains avec une consommation moyenne de $115,52 \pm 109,93$ ml/j. Les consommateurs des boissons, chez le groupe malade, forment 28,21% avec une consommation moyenne de $76,55 \pm 87,49$ ml/j. La fréquence de consommation de ces boissons est faible chez les deux groupes. Aucune différence significative n'est observée entre les deux groupes concernant la consommation des tisanes ($p < 0,05$).

4. Estimation de la consommation journalière en polyphénols

Nous rappelons que la conversion en polyphénols des différents produits consommés quantifiés en g/jour par les sujets interrogés a été réalisée en se basant sur la table de BRAT (2006) et la base de données du site phénol-explorer citée par MAATTA RIIHINEN (2004) et PEREZ-JIMENEZ et al en 2004. Selon la teneur en polyphénols totaux consommés en g/j, les consommateurs sont classés en 2 catégories : conformes ou inférieurs à l'apport journalier recommandé (AJR) (1g/j) (BRAT et al., 2006).

Tableau 14. Répartition des sujets interrogés selon la quantité des polyphénols totaux ingérés par jour.

	Conforme à l'AJR (= 1 g/j)	Inférieure à l'AJR (<1 g/j)
Effectif	150	50
Pourcentage	75%	25%

D'après le tableau 14, 25% des sujets interrogés consomment moins d'un gramme par jour de polyphénols totaux et 75% ont une consommation conforme à l'AJR.

5. Estimation de la teneur en polyphénols chez les sujets interrogés consommant quotidiennement la majorité des aliments

Après avoir calculé la quantité de polyphénols consommés par jour pour chaque sujet, et pour tenir compte de l'effet complémentaire des différents aliments, nous avons pris en considération seulement les individus consommant la majorité des produits cités dans le questionnaire, ils correspondent exactement à 10,50%. La moyenne de consommation journalière des polyphénols ($M_{CJ_{polyphénols}}$) de cette catégorie est égale à 1488,31mg/j (1,48g/j).

6. Corrélation entre état de santé et quantité des polyphénols totaux ingérée

A partir du tableau 15, nous remarquons que parmi les personnes ayant une consommation conforme à l'AJR, seulement 2,75% souffrent de maladies chroniques.

Par opposition à ceux ayant une consommation inférieure à l'AJR, 97,43% souffrent de maladies chroniques dont 44% souffrent d'hypertension, 18% du diabète, 38% souffrent d'autres maladies chroniques.

Tableau 15. Corrélation entre l'état de santé des sujets interrogés et la quantité des polyphénols totaux ingérés par jour.

	Conforme à l'AJR		Inférieure à l'AJR	
Pourcentage des sujets malades	2,57%	100% diabète	97,43%	44% hypertension 18% diabète 38% autres maladies
Pourcentage des sujets sains	92,55%		7,45%	

Le rapport de corrélation (r_{yx}) qui est égal à 0,22, permet de conclure qu'il existe une disparité entre la consommation des polyphénols et donc une liaison entre les deux variables tandis que l'hétérogénéité d'un groupe à l'autre est moins importante, donc il existe une faible liaison entre l'état de santé et la quantité des polyphénols totaux ingérée ($r^2 < 50\%$).

7. Corrélation entre état de santé et quantité des polyphénols totaux ingérée par jour chez les personnes interrogées consommant la majorité des produits contenant des polyphénols.

Selon l'enquête réalisée, nous avons un seul sujet qui consomme différents produits contenant des polyphénols et qui souffre du diabète. Dans ce cas, nous n'avons qu'une seule modalité de la variable qualitative (état de santé), ce qui ne nous a pas permis de calculer la liaison entre les deux variables (consommation des polyphénols et état de santé).

DISCUSSION

1. Caractérisation de l'échantillon étudié

Nous rappelons que cette enquête a été réalisée dans la wilaya de Constantine et elle a porté sur 200 sujets choisis au hasard. En effet, cet effectif aurait pu être important, si certaines contraintes n'ont pas été rencontrées au cours de la réalisation de ce travail, principalement le refus de plusieurs sujets de participer à l'enquête, le non remise de certains questionnaires, l'élimination de plusieurs questionnaires incomplets ou illisibles, etc.

De ce qui précède comme résultats, nous avons remarqué que notre échantillon se caractérise par une dominance du sexe féminin, de la tranche d'âge [25-35ans], des sujets habitant des régions urbaines et du niveau d'instruction élevé (universitaire). Cette dominance s'explique probablement par la réponse favorablement de certains sujets jeunes universitaires à contribuer à ce travail d'une part et à la facilité de communication avec eux d'autre part malgré le déroulement de l'enquête loin du milieu universitaire. Le même échantillon se caractérise aussi par un pourcentage élevé des chômeurs, ceci est dû en fait à l'effectif important des femmes au foyer d'une part et des sujets universitaires qui viennent d'achever leurs études et sans emploi d'autre part. Concernant les sujets interrogés qui travaillent, la majorité a un niveau socioprofessionnel bas. En effet, le niveau socioprofessionnel détermine les conditions de vie en général, influence le fonctionnement psychologique et influe sur les habitudes liées à la santé, comme la qualité de l'alimentation et le degré d'activité physique (MIKKONEN et RAPHAEL, 2011).

Pour caractériser notre échantillon, nous nous sommes intéressés aussi à certains facteurs de risque comme la surcharge pondérale, la mort subite dans la famille, le tabagisme, la présence d'antécédents familiaux, le stress et le syndrome de sédentarité (moyen de transport et manière de détente) (LEVY et LUDES., 2007).

Concernant l'indice de masse corporelle, en se référant à l'OMS (1995), la plupart des sujets interrogés ont une masse pondérale située dans la catégorie normale avec la présence de faibles effectifs d'individus maigres, en surpoids ou obèses.

Quant à l'état de santé de l'échantillon étudié, la plupart des sujets ne souffre d'aucune maladie et un faible pourcentage est atteint d'une ou plusieurs maladies. Cela pourrait être dû à l'alimentation méditerranéenne qui constitue un ensemble équilibré très favorable à la santé (ANTIPOLIS, 2002). Parmi les sujets malades où la majorité est âgée de 65ans et plus, le pourcentage le plus élevé correspond aux malades hypertendus, diabétiques, ou

cardiaques. En effet, l'âge est un facteur de risque en ce qu'il reflète la durée d'exposition d'un individu aux autres facteurs de risque (PALOMAKI et *al.*, 2010).

En se référant à la bibliographie, plusieurs travaux ont démontré qu'il existe un lien indiscutable entre le revenu, le statut socioéconomique et la santé. A titre d'exemple, selon le rapport de l'OMS de décembre 2002, les maladies cardiovasculaires sont responsables de 16,5 millions de décès dans le monde dont les $\frac{3}{4}$ se trouvent dans les pays à faible et moyen revenu. Ce rapport est une nouvelle preuve de l'augmentation spectaculaire des affections qui déclenchent des cardiopathies et d'autres maladies chroniques, en particulier dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Dans les pays à revenu élevé, la généralisation du diagnostic et du traitement a permis de réduire sensiblement la tension artérielle moyenne, ce qui a contribué à faire baisser la mortalité par maladie cardiaque (ADLOUNI, 2007).

A l'issu des résultats de l'enquête, tous les sujets malades consultent des médecins spécialisés et/ou diététiciens, et suivent un régime alimentaire. Les aliments, qui leurs sont conseillés, sont d'origine végétale (en particulier les fruits, légumes, pain à base d'orge, pain avec farine ou semoule non raffinée, etc.).

Quant à la mort subite qui est considérée comme un décès brutal, inattendu, de cause naturelle est souvent inexplicée (LEVY et LUDES, 2007), il s'avère que la cause principale est l'arrêt cardiaque, suivie de l'hypertension artérielle, puis la crise cérébrale. Concernant les antécédents familiaux, la majorité des sujets interrogés déclarent qu'ils ont un membre de la famille ou plus souffrant de maladies chroniques (mères, sœurs, pères, frères, pères, grands mères paternels et maternels). Selon la bibliographie, il est essentiel de connaître les antécédents familiaux afin d'adopter très tôt des mesures de prévention efficaces : arrêt du tabac, contrôle du poids et de la tension artérielle, activité physique et alimentation équilibrée. L'hérédité est également un facteur de risque majeur de maladies cardiovasculaires. En clair, si l'un des membres directs de la famille souffre d'une maladie cardiaque, les risques personnels sont plus importants (NKOY BELILA, 2002).

Concernant le tabagisme, qui est considéré comme l'un des facteurs qui génèrent un stress oxydatif, le pourcentage des non-fumeurs est supérieur à celui des fumeurs. Parmi les non-fumeurs figurent des femmes interrogées. Parmi ceux qui fument, la plupart ignorent les effets néfastes réels de la cigarette sur la santé. Il apparait aussi que la fréquence des sujets fréquentant des gens qui fument est en relation avec le lieu de travail. En effet le tabagisme passif est le fait d'être exposé de façon involontaire à la fumée de tabac. La fumée secondaire

inhalée par les fumeurs passifs est un mélange de fumée expirée par des fumeurs et de fumée émanant directement du tabac en combustion. Le tabagisme représente un problème mondial de santé publique, il favorise la survenue de nombreuses pathologies. Fumer est un facteur de risque majeur dans le déclenchement de certaines maladies chroniques. Les non-fumeurs exposés à la fumée secondaire courent un risque accru d'avoir les mêmes problèmes de santé que les fumeurs (ALLARD, 2009). En effet, l'OMS évalue qu'environ 70 % des décès engendrés par la dépendance au tabac surviennent dans ces pays. La consommation de tabac est aujourd'hui la première cause de mortalité évitable à travers le monde (ALLARD, 2009).

Quant à la pratique du sport, le pourcentage des sujets sportifs dans l'échantillon étudié est faible. Le sport le plus pratiqué est la marche. Selon les sujets interrogés, la marche est préférée parce qu'elle est plus pratique que les autres sports à n'importe quel endroit et à n'importe quel moment. La majorité des sujets sportifs interrogés pratique le sport une fois par semaine, durant le week-end, dont la durée ne dépasse pas une heure, ce qui correspond à une pratique modérée (moins de 4 heures de sport par semaine) (Guilbert et *al.*, 2001). Ils justifient le choix de cette durée par son efficacité selon eux d'une part et le programme de travail chargé de la semaine d'autre part.

Concernant les moyens de déplacement des sujets travailleurs, il s'est avéré que tous les sujets interrogés, se déplacent par bus ou par voiture, en raison de l'éloignement des lieux du travail par rapport à leurs domiciles et même pour la minorité (distances courtes), ils utilisent différents moyens de transport. Selon la bibliographie, afin de préserver une bonne santé, il est recommandé à chacun, quel que soit son âge, de s'adonner quotidiennement à un minimum de 30 minutes d'activité physique modérée (comme marcher d'un bon pas), ou même plus intense pendant plus longtemps (60 minutes).

Sur l'ensemble des sujets interrogés, la plupart déclarent qu'ils sont tout le temps stressés. Le stress professionnel est le plus rencontré chez presque la moitié des sujets, suivi du stress dû aux problèmes de santé. Selon l'Institut American de Stress (2009), le stress est l'un des facteurs qui génèrent un stress oxydatif. Il est provoqué par le manque d'occupation et l'excès de travail. Il peut se traduire par divers troubles d'ordre physiologique ou psychologique (IRENE, 2005). Pour les différentes manières de détente, la moitié des sujets interrogés font des visites, d'autres préfèrent dormir. Un très faible effectif des sujets pratiquent du sport, regardent la télévision, consultent des sites internet, ou ne font rien lorsqu'ils sont stressés.

2. Renseignements sur les aliments consommés contenant des polyphénols

En s'appuyant sur la synthèse bibliographique, nous avons essayé de regrouper dans un tableau (annexe 3), tous les aliments végétaux qui existent sur le marché Constantinois et qui contiennent des composés phénoliques quelques soit leurs teneurs et leurs natures. Ces aliments sont : les fruits, les légumes, les céréales, les boissons notamment les jus de fruits et les tisanes (REMESY, 1998) et des aliments à base de produits riches en composés polyphénoliques comme le cacao, l'huile d'olive, etc. Nous nous sommes intéressés aussi à certains facteurs pouvant modifier la teneur en polyphénols notamment la cuisson (MANACH, 2004), la conservation (MACHEIX *et al.*, 1990), la consommation des fruits et légumes avec ou sans enveloppe (GORINSTEIN *et al.*, 2002), etc. Cependant des difficultés de quantification ont été rencontrées pour certains aliments, du fait de leur absence de la table de BRAT (2006) et de la base de données du site phénol-explorer, sachant que ces tables sont en cours d'élaboration et ne sont pas encore définitives. Parmi ces aliments figurent certaines variétés de fruits, certaines confitures traditionnelles, certaines boissons et certaines tisanes (à base d'un mélange d'herbes).

Parmi les consommateurs habituels de ces aliments, un grand pourcentage des sujets interrogés consomme des légumes quotidiennement en raison de leurs prix acceptables d'une part et les habitudes alimentaires des citoyens constantinois caractérisées par l'utilisation des différents plats à base de légumes saisonniers d'autre part. La pomme de terre est le légume le plus consommé.

Pour les fruits, le pourcentage des consommateurs est inférieur par comparaison aux consommateurs des légumes. Le facteur limitant à tout moment est leur prix excessivement élevé sachant que la majorité de ces fruits est importée. Par ailleurs, la consommation saisonnière des fruits est supérieure à la consommation annuelle. Les bananes sont les fruits les plus consommés et les plus préférés.

Il est à remarquer aussi que la plupart des sujets interrogés consomme des légumes et des fruits une fois par jour dans le but de varier leurs plats.

A propos du mode de consommation des aliments, les plus consommés contenant des polyphénols, il ressort de l'enquête que presque la moitié des sujets consomme des légumes cuits puisque c'est la méthode de préparation la plus pratiquée dans la cuisine constantinoise. En se référant à la bibliographie, la cuisson semble réduire l'activité anti-oxydante des légumes de couleur par rapport aux légumes frais, mais préserve ou augmente l'activité anti-

oxydante des légumes verts cuits par rapport aux légumes frais. La cuisson des légumes à l'eau semble diminuer davantage l'activité anti-oxydante des légumes par rapport à la cuisson au four à micro-ondes ou à la vapeur.

A travers les résultats de l'enquête, le pourcentage des sujets qui conservent des légumes est supérieur par comparaison à ceux qui conservent des fruits. Selon les sujets interrogés, deux raisons ont été évoquées : la conservation des légumes est facile et sans altérations et le manque de temps pour aller quotidiennement au marché. Pour les fruits, la raison majeure du non conservation est leur disponibilité sur nos marchés en plus de la préférence de les consommer frais.

Pour ceux qui conservent leurs légumes, un effectif important des sujets interrogés est d'accord pour les conserver deux jours et même jusqu'à 4 jours et plus. Par opposition aux légumes, la majorité des sujets interrogés ne conservent pas les fruits pour une longue durée pour la simple raison les fruits se ramollissent et se pourrissent facilement. Pour les sujets qui conservent des fruits, la durée de deux jours est pratiquée par la majorité, ils voient par expérience qu'au-delà de cette durée, les fruits ne peuvent plus préserver leurs valeurs nutritionnelles, leurs textures et leurs goûts. Selon MATHILDE et *al.*, (2007), si les conditions de stockage sont respectées, il ya peu de diminution des teneurs en polyphénols totaux de nombreux légumes pendant des durées de stockage allant jusqu'à 1 an mais au froid.

La consommation des fruits et légumes, avec ou sans enveloppe, varie selon la nature des légumes et des fruits d'une part et les préférences des consommateurs d'autre part. En se référant à la bibliographie, de nombreux micronutriments sont plus concentrés dans les parties épidermiques des fruits et légumes notamment les polyphénols. Leur élimination induit des pertes marquées en ces composés. Par exemple, les flavonols, particulièrement concentrés dans les épidermes, l'épluchage est une cause majeure de pertes. Ainsi dans les pommes de table 50% des polyphénols sont concentrés dans les parties épidermiques et sous-épidermiques, avec des teneurs de 3 à 6 fois celle de la chair (MANACH, 2004 ; MATHILDE et *al.*, 2007).

De même pour de la taille du fruit consommé, dont nous avons établi trois classes exprimées en unités: petite, moyenne et grosse, la consommation semble dépendre des préférences des consommateurs avec une dominance de la taille moyenne. Il ya un avantage de consommer plus de matière sèche donc plus de composés bioactifs car il ya souvent une

relation négative entre taille des fruits et composition en matière sèche (MATHILDE et *al.*, 2007).

Pour la consommation des produits céréaliers, il est à remarquer que tous les repas journaliers des sujets interrogés sont accompagnés toujours par le pain ou la galette précisée. Par ailleurs, le grain de céréale est aussi une source naturelle de micronutriments antioxydants (vitamine E, caroténoïdes et composés phénoliques). Les principales molécules polyphénoliques responsables du pouvoir anti-oxydant des céréales complètes sont l'acide férulique (présent en grande quantité dans les parois cellulaires du péricarpe) et l'acide phytique. Selon WALTER et *al.* (2003), le pouvoir anti-oxydant des céréales est fort mal maîtrisé. Les céréales sont également des sources potentielles de lignanes qui font partie comme les isoflavones, de la famille des phyto-oestrogènes. Ces derniers sont abondants dans le plasma des sujets qui habitent des régions où le taux de cancer est faible et sont souvent considérés comme des phytoprotecteurs phénoliques.

Quant à la consommation des produits gras riches en polyphénols, presque la totalité des sujets interrogés les consomme quotidiennement, mais ne dépassant pas une fois par jour. Ces produits gras (olives, huile d'olives, etc.) sont intégrés dans la préparation des plats quotidiens. Les fruits oléagineux, principalement l'olive, sont naturellement riches en polyphénols, mais leurs teneurs varient en fonction des variétés, des régions, du climat, de la saison, de la maturité des olives, etc. (GALLAND et COHEN, 2006).

Pour les produits sucrés contenant des polyphénols, la plupart des sujets les consomment quotidiennement et une fois par jour. La majorité des produits sucrés consommés quotidiennement sont des produits de confiserie. Ils existent durant toute l'année sur le marché excepté quelques confitures qui sont préparés traditionnellement à partir des fruits saisonniers (confiture de fraise, pêche, etc.). La teneur en polyphénols des gâteaux et des confitures industriels ou préparées à la maison est dépendante des ingrédients (teneur en cacao ou d'autres ingrédients contenant des polyphénols). Des études récentes ont suggéré que le cacao ou le chocolat noir pouvaient avoir des effets bénéfiques sur la santé humaine. Cela est principalement dû à une substance polyphénolique particulière présente dans le chocolat : l'épicatéchine (SELMİ et *al.*, 2006).

Concernant la consommation des boissons, le jus d'orange est la boisson la plus citée. En effet, les jus de fruits ou les smoothies, en plus de leur richesse en vitamines (A, C et E), contiennent d'autres antioxydants tels que les polyphénols. Le thé est la boisson chaude la

plus consommée, il est connu par sa richesse en polyphénols antioxydants. Ces polyphénols sont principalement des flavanols, en particulier des catéchines et des théaflavines (Valérie, 2011).

Il est à remarquer que certaines boissons sont préparées à la maison à base des fruits saisonniers et donc sont moins consommées durant l'année. Selon MATHILDE et *al.*, (2007), les processus industriels et les transformations domestiquées altèrent la teneur en polyphénols : les jus de fruits industriels filtrés et clarifiés en sont moins riches. A l'inverse, la macération facilite la diffusion des polyphénols de la peau, dans le jus de raisin. Les résultats de l'enquête indiquent que la plupart des sujets interrogés préparent eux mêmes des boissons et des jus à base de fruits, en particulier le jus d'orange, à moindre degré le jus de citron et le cocktail de fruits. Un très faible pourcentage prépare le jus de raisin noir et le jus de poire ; ceci s'explique par la difficulté de préparation d'une part et par leur disponibilité sur le marché d'autre part. En effet, les jus d'agrumes (d'orange, de pamplemousse, de citron et de mandarine) sont de bons choix, comparables aux fruits entiers en ce qui a trait à leurs propriétés protectrices des cellules. Les principes actifs des agrumes sont les polyphénols et les terpènes (REMESY, 1998).

Par opposition aux boissons bouillies, les boissons fraîches sont moins consommées. Concernant le thé vert et certaines tisanes, ils sont considérés beaucoup plus que de simples boissons chaudes mais ce sont un véritable remède. Selon REMESY (1998), les thés verts sont plus thérapeutiques que les thés noirs. De même le café est une source de polyphénols mais les recommandations sont toutefois de la consommer avec modération (soit une consommation inférieure à 5 tasses par jour) (LUCIEN, 2003).

Pour les tisanes à base d'herbes aromatique ou plantes médicinales (origan, verveine, menthe, etc.), elles sont consommées par un faible pourcentage, la raison principale semble être le goût malgré leur effet bénéfique pour la santé.

3. Consommation journalière des polyphénols

Nous rappelons que la conversion en polyphénols des différents produits consommés (quantifiés en g/jour) par les sujets interrogés a été réalisée en se basant sur la table de BRAT (2006) et la base de données du site phénol-explorer citée par MAATTA RIIHINEN (2004) et PEREZ-JIMENEZ et *al* en 2004. Selon la teneur en polyphénols totaux consommés en g/j, les consommateurs sont classés en 2 catégories : conformes ou non conformes à l'AJR (1 g/j) (BRAT et *al.*, 2006). Selon le même auteur, il faut consommer environ un gramme de polyphénols par jour, soit 10 fois plus que la vitamine C et 100 fois

plus que la vitamine E ou les caroténoïdes. Il ressort de l'enquête, 25% des sujets interrogés consomment moins d'un gramme par jour de polyphénols, ceci pourrait être dû probablement à l'absence de la variation des sources des polyphénols d'une part et le manque d'une culture nutritionnelle chez ces sujets d'autre part. Une alimentation équilibrée suffisamment riche en fruits et légumes, céréales complètes apporte environ 1g de polyphénols par jour (REMESY, 1998).

Après avoir calculé la quantité de polyphénols consommés par jour pour chaque sujet, et pour tenir compte de l'effet complémentaire des différents aliments, nous avons pris en considération seulement les individus consommant la majorité des produits cités dans le questionnaire, ils correspondent exactement à 10,50%. La moyenne de consommation journalière des polyphénols ($MCI_{\text{polyphénols}}$) de cette catégorie est égale à 1488,3 mg/j (1,48g/j).

Actuellement, il est bien admis que les apports journaliers recommandés (AJR) en ces divers éléments peuvent être couverts par une prise quotidienne de cinq portions de fruits et légumes. Cette situation est toutefois loin de représenter la réalité sachant que plusieurs enquêtes épidémiologiques indiquent que plus de 20% de la population des pays industrialisés ne mangent jamais de fruits (PINCEMAILA et al., 2000).

Parmi les sujets interrogés, souffrant de maladies chroniques, la majorité consomment quotidiennement des polyphénols mais avec une teneur inférieure à un gramme par jour. Ainsi il existe une corrélation entre la consommation des polyphénols et l'état de santé des sujets interrogés donc il existe une liaison d'influence sans que celle-ci ne soit forcément un lien de causalité. Selon DERBEL et GHEDIRA (2005) et BRAT et al. (2006), les bienfaits des polyphénols alimentaires suggèrent un rôle protecteur à l'encontre des cancers et des maladies chroniques. Leur nature chimique fait de ces composés des agents réducteurs et ce sont, par ailleurs, les antioxydants les plus abondants dans notre alimentation. Actuellement, les études portant sur les polyphénols connaissent un grand essor. Une grande partie d'entre elles a été réalisée afin d'informer et de sensibiliser les consommateurs et les pouvoirs publics sur l'intérêt des polyphénols, antioxydants naturels aux forts potentiels (BOUAYED et al., 2008).

D'après ce qui a précédé, nous constatons que, pour le cas des consommateurs des différents produits contenant des polyphénols, on peut expliquer la conformité de $MCI_{\text{polyphénols}}$ à la norme par la variété des sources des polyphénols, le bon choix des aliments consommés et la pratique du sport régulièrement même au moins une séance d'une heure par semaine. Nous pouvons aussi supposer que la carence de la consommation des aliments riches

en polyphénols pourrait être une cause de certaines maladies notamment les deux plus fréquentes : le diabète et l'hypertension.

4. Comparaison entre le groupe malade et le groupe sain

Nous avons distribué les deux groupes des sujets (sains et malades) selon les fréquences de consommation journalière (nombre de fois par jour) des aliments.

Chez le groupe sain, la fréquence journalière de consommation des fruits et légumes, correspondant à une fois et plus de 3 fois pendant le jour, est plus intéressante. Alors que pour les sujets malades, la fréquence de consommation une fois par jour de produits céréaliers, deux fois par jours de produits gras et sucrés et trois fois et plus de trois fois par jour de boissons, est supérieur à celle du groupe des sujets sains.

Nous remarquons que les sujets sains consomment plus des fruits et des légumes avec enveloppe. La consommation des légumes frais semble être plus marquée chez le groupe sain que chez le groupe malade. Pour la consommation quotidienne des fruits et légumes, la différence entre le groupe sain et le groupe malade est significative pour la majorité des fruits et légumes ($p > 0,05$).

De même pour la totalité des céréales consommées et les produits gras, la différence entre le groupe sain et le groupe malade est significative ($p > 0,05$) entre les sujets sains malades.

Concernant la consommation des chocolats, des gâteaux et des confitures, elle est très faible surtout pour les sujets malades. La différence entre les deux groupes est significative ($p > 0,05$). Au contraire, aucune différence significative n'a été observée entre les deux groupes concernant la consommation des tisanes ($p < 0,05$).

Nous remarquons que parmi les personnes ayant une consommation conforme à l'AJR, seulement 2,75% souffrent de maladies chroniques. Par opposition à ceux ayant une consommation inférieure à l'AJR, 97,43% souffrent de maladies chroniques dont 44% souffrent d'hypertension, 18% du diabète, 38% souffrent d'autres maladies chroniques.

Le rapport de corrélation ($r_{Y|X}$) qui est égal à 0,22, permet de conclure qu'il existe une disparité entre les consommations des polyphénols et donc une liaison entre les deux variables tandis que l'hétérogénéité d'un groupe à l'autre est moins importante, donc il existe une faible liaison entre l'état de santé et la quantité des polyphénols totaux ingérée ($r^2 < 50\%$).

Selon l'enquête réalisée, nous avons seulement un seul sujet qui consomme différents produits contenant des polyphénols et qui souffre du diabète. Dans ce cas, nous avons

qu'une seule modalité (un seul malade qui consomme les différents produits contenant des polyphénols) de la variable qualitative (l'état de santé), ce qui permet de conclure qu'il n'existe pas d'une moyenne ni de variance pour une seule modalité et donc on ne peut pas calculer la liaison entre les deux variables.

La différence de consommation quotidienne des fruits et légumes est significative entre les deux groupes, avec une supériorité du groupe sain, même pour les boissons et les tisanes. Il est généralement reconnu que la consommation importante de fruits et de légumes est associée à une réduction du risque d'affections majeures telles que les maladies cardiovasculaires et les cancers. La relation entre cette catégorie d'aliments et la santé est probablement celle qui bénéficie des preuves les plus solides dans la science nutritionnelle (ANONYME, 1996).

Dans notre étude, la majorité des sujets sains consomment cinq (5) portions de fruits et légumes par jour soit 400g par personne et par jour (une portion théorique de 80 g).

L'OMS place la faible consommation de fruits et légumes au sixième rang parmi les vingt (20) facteurs de risque pour la mortalité humaine dans le monde, juste derrière des tueurs mieux connus comme le tabac et l'hypercholestérolémie.

La conservation des fruits et légumes est importante pour les deux groupes, mais elle est supérieure chez les sujets malades surtout pour les légumes.

Globalement la différence de consommation est significative pour la majorité des fruits et légumes frais entre les deux groupes avec supériorité du groupe sains.

Pour la totalité des sujets, les céréales se consomment principalement sous forme de pain à base de farine raffinée et à moindre degré viennent la galette avec semoule raffinée, galette avec semoule complète, pain d'orge avec farine complète, grains entiers de maïs, riz, pâtes avec farine raffinée. En général les céréales complètes sont plus riches en polyphénols et qui sont consommées en quantités élevées par les sujets sains. Pour cette variable, une différence significative a été observée entre les sujets sains et les sujets malades.

Concernant la consommation des produits gras, chocolats, gâteaux, confitures, thé, café et jus de fruits la différence entre les deux groupes est significativement supérieure chez les sujets sains.

Nous signalons que certaines difficultés ont été rencontrées à cause de l'insuffisance des tables de composition des aliments en polyphénols. Actuellement, les tables disponibles ne couvrent pas le large éventail des aliments et elles concernent généralement des légumes et des fruits frais et non transformés (cuits, confiture, compotes, etc.) . En effet, ces tables sont en cours d'élaboration et ne sont pas encore définitives. La liste des aliments contenant

des polyphénols établie dans le questionnaire a regroupé des aliments exclusivement d'origine végétale. Nous avons aussi exclu certains produits d'origine animale comme le lait et la viande, sachant qu'il y'a des travaux portant sur la biodisponibilité de ces composés qui ont mis en évidence leur présence dans ces produits. Nous n'avons pas tenu compte aussi de la variabilité de la matière première qu'est à la fois qualitative (nature des micro-constituants) et quantitative (concentration globale et répartition). Plusieurs facteurs expliquent ces variabilités, comme par exemple l'espèce ou la variété, la nature de l'organe végétal consommé, l'état physiologique, etc. n'ont pas été pris en considération. Ainsi l'estimation de la consommation journalière en polyphénols, que nous avons effectuée, reste approximative et ne reflète pas la consommation réelle en ces composés.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude est d'estimer l'apport journalier en polyphénols totaux chez un échantillon de 200 sujets choisis au hasard de la wilaya de Constantine et de chercher d'éventuelle corrélation entre l'apport journalier en ces composés et l'état de santé de cet échantillon. Pour atteindre cet objectif, une enquête alimentaire transversale, visant à collecter le maximum d'informations quantitatives sur la consommation des aliments riches en polyphénols, a été réalisée. Deux principaux volets ont été abordés. Un premier volet récapitule des renseignements sur l'identification de la personne interrogée, son état de santé, certains facteurs de risque et le comportement sédentaire. Le deuxième volet regroupe des informations sur les aliments consommés contenant des composés polyphénoliques, établis à partir de la base de données du site phénol-explorer (<http://www.phenol-explorer.eu/contents/total?Food-id=aa1>) mais elle exclut certains produits traditionnels et certains fruits et légumes transformés. Il a abordé aussi en plus de l'aspect quantitatif et certains procédés de transformation qui peuvent influencer sur la composition en polyphénols des aliments.

Les principales conclusions obtenues sont les suivantes :

Pour la consommation quotidienne des aliments contenant des polyphénols, 76% des sujets interrogés consomment les légumes, 48% consomment des fruits, 39% et 20% respectivement boivent des boissons et tisanes.

La consommation de légumes, fruits et boissons est conditionnée par le prix, tandis que le goût reste le premier facteur de non consommation quotidienne des tisanes.

Les sujets malades consomment moins de fruits et légumes frais (avec enveloppes), plus d'aliments conservés et présentent plus des facteurs de risque par rapport aux sujets sains.

Cette étude a tout d'abord montré que, néanmoins, si les mêmes tendances qualitatives se dégagent dans les deux groupes (sain et malade), de nombreuses différences quantitatives ont été mises en évidence. Ainsi l'évaluation des fréquences de consommation alimentaire et des groupes d'aliments apparaît indispensable vis à vis la teneur en polyphénols de ces aliments.

Concernant l'apport journalier en polyphénols, la majorité des sujets interrogés (75%) ont une consommation conforme à l'AJR (1g par jour) dont 2,75% correspond aux sujets malades et 92,55% aux sujets sains. Parmi les sujets ayant une consommation inférieure à l'AJR (25%), 97,43% correspond aux sujets malades et 7,45% correspond aux sujets sains.

Une corrélation, malgré faible, est constatée entre la consommation des polyphénols et l'état de santé. En effet cette étude n'est qu'une simple contribution et ne nous permet pas réellement de tirer des conclusions fiables, elle doit tenir compte de plusieurs variantes notamment la grande diversité des comportements et des préférences alimentaires et leur

variabilité dans le temps. Elle doit tenir compte aussi de tous les facteurs qui influent ces composés du champ à la cible nutritionnelle.

En perspectives, il est souhaitable de réaliser d'autres enquêtes plus larges avec un effectif plus important ; d'établir une table de composition en polyphénols de tous les aliments consommés localement et fabriqués traditionnellement pour mieux évaluer la teneur en polyphénols.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

1. **ABIAZAR R.** (2007). Complexations des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier, propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de Doctorat. Université Al Baath, Syrie: 196p.
2. **ADLOUNI A.** (2007). Intérêt de l'huile d'argan dans la prévention des maladies cardiovasculaires. Article de synthèse n°6. Laboratoire de recherche sur les lipoprotéines et l'athérosclérose. faculté des sciences ben msik, Casablanca: 16p.
3. **AKROUM S.** (2005). Etude des propriétés biochimiques des poly phénols et tannins issus de *Rosmarinus officinalis* et *Vicia faba* L. Mémoire de magister. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mentouri de Constantine: 91p.
4. **ALLARD J.** (2009). Le tabagisme: qu'est-ce que c'est? Index des maladies de A à Z. Les médecins et l'intervention clinique contre le tabagisme : Guide d'évaluation et de planification: 930p.
5. **ANTIPOLIS S.** (2002). « Rapport environnement de développement, étude préparatoire : Evolution des modes d'alimentation et enjeux de développement durable en méditerranée, MARTINE PADILLA-CIHEAM », centre d'activité régionales. Plan Bleu, centre d'activités régionales : 32p.
6. **ANONYME** (1996). Survey of consumer attitudes to food, nutrition and health. Institute of European Food Studies, Report number one: 29p.
7. **BAHORUN T.** (1997). Substances naturelles actives : la flore mauricienne, une source d'approvisionnement potentielle, AMAS. Université de Maurice: 83-94p.
8. **BARUS C.** (2008). Etude électrochimique de molécules antioxydantes et de leur association en milieux homogène et biphasique. Application aux produits dermo-cosmétiques. Thèse de Doctorat de l'université de Toulouse. Discipline ou spécialité : Génie des procédés et environnement: 235p.
9. **BEDARD V.** (2008). Les propriétés antiangiogénique des flavonoïdes. Mémoire présenté comme exigence partielle de la maîtrise en chimie. Université du Québec à Montréal: 122p.
10. **BELKHEIRI N.** (2010). Dérives phénoliques à activités antiathérogènes. Université de Toulouse. Spécialité : Chimie-Biologie-Santé: 205p.
11. **BELLEMANS M. et DE MAEYER M.** (2005). Manuel de quantification standardisée des denrées alimentaires en Belgique. 2^e Edition ISBN: 9-07699440-4: 218p.
12. **BENLEMLIH M. et GHANAM J.** (2012). Polyphénols d'huile d'olive, trésors santé. Ed: ISBN 05: 128p.

13. **BERGHOUT F. et BERKENI F.** (2004). Etude phytochimique et biologique du *Chrysothenum mucrocarpum*. Mémoire d'ingénieur d'Etat en Nutrition et Technologies Agro-alimentaires à l'université Mentouri de Constantine: 61p.
14. **BERSET C.** (2006). Antioxydants phénoliques, source végétale dans Polyphénols en agroalimentaire. Ed: Lavoisier Tec et Doc, Paris: 308p.
15. **BISBAL C., LAMBERT K., AVIGNON A.** (2010). Antioxidants and glucose metabolism disorders. Journal: Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care - CURR OPIN CLIN NUTR METAB CA , vol. 13, no. 4: 439-446p.
16. **BLACHE D.** (2001). Equation-Nutrition n°16 (APRIFEL). Directeur de recherche INSERM-INRA Unité de nutrition lipidique-DIJON France: 23-30p.
17. **BOUAYED J., RAMMAL H., YOUNOS C., DICKO A., SOULIMANI R.** (2008). Phytonutrition expérimentale, caractérisation et bio évaluation des polyphénols. Ed: Springer, Université Paul-Verlaine de Metz, France, vol. 6: 71-74p.
18. **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. Thèse de Magister en biologie cellulaire et moléculaire. Option : Toxicologie cellulaire et moléculaire. Université Mentouri de Constantine: 125p.
19. **BRACKE M., VYNCKE B., OPDENAKKER G., FOIDART J.M., DE PESTEL G., MARREL M.** (1991). Effect of catechins and citrus flavonoids on invasion in vitro, Clin Exp Metastasis, vol. 9: 13-25p.
20. **BRACK M.** (2009). Évaluation du stress oxydatif. Revue scientifique internationale, vol.14. I.R.S. Institut de Recherche sur le Stress - Prévention - Formation: 30p.
21. **BRACK M.** (2010). Le stress oxydatif. Revue scientifique internationale, vol.14. I.R.S. Institut de Recherche sur le Stress - Prévention - Formation: 30p.
22. **BRAT P., GEORGES S., BELLAMY A., CHAFFAUT L., SCALBERT A., MENNEN L., ARNAULT N., AMIOTM J.** (2006). Daily polyphenol intake in France from fruits and vegetables. Journal of Nutrition, vol. 136(9): 2368-2373p.
23. **BROUILLARD R., FIGUEIREDO P., ELHABIRI M., DANGLES O.** (1997). Molecular interactions of phenolic compound in relation to the color of fruits and vegetables: 30-49p.
24. **BRUNETON J.** (1999). « Pharmacognosie : Phytochimie, Plantes médicinales 3^{ème} édition ». Ed: Tec et Doc, paris : 1120p.
25. **CARIS-VEYRAT C., AMIOT M.J., TYSSANDIER V et al.,** (2004). Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent

- content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *J Agric Food Chem*: 20-52 p.
26. **CARVALHO E., MATEUS N., FREITAS V.** (2004). Flow nephelometric analysis of protein- tannin interactions. Ed: Elsevier: 97–101p.
 27. **CHANFORAN C.** (2010). Stabilité de micro-constituants de la tomate (composés phénoliques, caroténoïdes, vitamines C et E) au cours des procédés de transformation : études en systèmes modèles, mise au point d'un modèle stoechio-cinétique et validation pour l'étape unitaire de préparation de sauce tomate. Thèse de Docteur, spécialité chimie. l'Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Académie D'aix-Marseille: 388p.
 28. **CHARLES M. et BENBROOK PH.D.** (2005). Accroître la teneur en antioxydants des aliments grâce à l'agriculture et à la transformation alimentaire biologiques. Rapport sur l'état des connaissances scientifiques. Scientific and Technical Advisory Committee of Organic Center for Education and Promotion: 87p.
 29. **CHEN D.** (2004). Green tea and tea polyphenols in cancer prevention, PMID: 15358585. *Front Biosci.* Sep 01, vol. 9: 2618-2631p.
 30. **CHIRA K., SUH J.H., SAUCIER C., TEISSEDE P.L.** (2008). Les polyphénols du raisin, Université Victor-Segalen, faculté d'œnologie, Laboratoire de chimie appliquée. Ed: Springer, France. Article de synthèse n°8: 75-82p.
 31. **COMBRIS P., CARLIN M.J., CAILLAVET F., CAUSSE M., DALLONGEVILLE J., PADILLA M., RENARD C., SOLER L.J.** (2007). Les fruits et légumes dans l'alimentation. Enjeux et déterminants de la consommation. Expertise scientifique collective, synthèse du rapport, INRA (France): 84p.
 32. **COOK J.** (1998). Nutraceuticals for Cardiovascular Health, *American Journal Cardiology.* N° 19, vol. 10, p. 43-46.
 33. **DABIS F., DRUCKER J., MOREN A.** (1992). Épidémiologie d'intervention: Réalisation d'une enquête épidémiologique. Université Victor Segalen Bordeaux2, ISPED. Ed.: ARNETTE: 421p.
 34. **DELCAMBRE A.** (2010). Une approche moléculaire de l'astringence des vins: utilisation de sondes pour l'étude des interactions entre protéines de la salive et polyphénols. Thèse de Doctorat: 177p.
 35. **DELPEUCH F.** (1990). Quelle place pour les enquêtes de consommation dans la surveillance alimentaire et nutritionnelle ? Atelier sur la surveillance alimentaire et

- nutritionnelle. Pays Francophones de l'Afrique Centrale et de l'Est Kinshasa, Orstom - Lnt- Montpellier: 12p.
36. **DERBEL S. et GHEDIRA K.** (2005). Phytothérapie et nutrition: les phytonutriments et leur impact sur la santé. Laboratoire de Pharmacognosie, Faculté de Pharmacie, Tunisie. Ed.: Springer : 28-34p.
37. **DOBIS D.R et al.,** (2008). Modulation de la prolifération des lymphocytes T spécifiques du beryllium par les antioxydants. *Current Medicinal Chemistry*, Vol.12, n° 10: 1161-1208p.
38. **DUBOT-GUAIS P.** (2005). La prévention de l'obésité chez l'enfant et l'adolescent. Thèse pour le doctorat en médecine. Faculté mixte de médecine et de pharmacie de Rouen: 156p.
39. **DUPAS C.** (2005). Influence des protéines laitières sur le pouvoir antioxydant et la biodisponibilité des polyphénols du café. Thèse de doctorat, Spécialité : sciences alimentaires. École nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (ENSIA): 260p.
40. **EDEAS M.** (2007). Les poly phénols et les poly phénols de thé, *Phytothérapie*, Springer: 264-270p.
41. **EDITA P.** (2000). Le régime méditerranéen.. Paris édition vigot : 96 p.
42. **FAO/OMS.** (2006). Diet, Nutrition and the prevention of chronic diseases. Série de Rapports techniques n°916 par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) et l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).
http://www.fruits-et-legumes.net/veille_reglementaire/documents/dpnor11.pdf. Date de consultation 12/05/2011.
43. **FELLEGI I.P.** (2003). Survey methods and practices. Ed: ISBN: 587p.
44. **FOUCAN L.** (2012). Méthodologie des études épidémiologiques. Revue d'épidémiologie et de santé publique. Ed: Elsevier Masson SAS, vol.52 n°2: 3-104p.
45. **IOVLEFF S.** (2007). Statistiques descriptives, D'département d'informatique Iut a l'université de Lille 1. Diapositive (support de cours) :79p.
46. **GALLAND D. et COHEN A.** (2006). L'Huile d'olive Lesieur : La première huile d'olive a teneur garantie en antioxydants. Vivactis relation presse service: 5p.
47. **GARROW J.S.** (1988). Obesity and related diseases. London: Churchill Livingstone: 329p.

48. **GHEDIRA K.** (2005). Les flavonoïdes : structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. Laboratoire de Pharmacognosie, Faculté de Pharmacie, Tunisie. Ed : Springer, vol. 4: 162-169p.
49. **GOODMAN M.T.** (1997). Association of flavonoids and fiber consumption with the risk of endometrial cancer. *Am J Epidemiology* 146: 294–306p (10p).
50. **GOUSSARD J.P.** (1999). Les radicaux libres et antioxydants. D. Riche in guide nutritionnel des sports d'endurance: 2-11p.
51. **GUILBERT P., BAUDIER F., GAUTIER A.** (2001). Alimentation et activité physique. « Baromètre Santé – nutrition » ; Comité Français d'éducation pour la santé. Institut Français pour la Nutrition. Laboratoire de physiologie et médecine du sport, Paris. LET.SC.IFN. N° 105.Vol. 2: 480p.
52. **HADI M.** (2004). La quercétine et ses dérivés: molécules à caractère pro oxydant ou capteurs de radicaux libres; études et applications thérapeutiques. Thèse de Doctorat en Pharmaco chimie -Université Louis Pasteur: 268p.
53. **HALLIWELL B., RAFTER J., JENNER A.** (2005). Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects? Antioxidant or not? *Am. J. Clin. Nutr*, vol. 8: 268-276p.
54. **HELME J.P., CHAZAN J.B., PERRI J.L.** (2004). Les antioxydants: actifs et additifs en cosmétologie. Éd: Tec et Doc, Chapitre 18: 337-352p.
55. **HENNEBELLE T., SAHPAZ S., BAILLEUL F.** (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. Ed: Springer, vol. 2, n°1: 3-6p.
56. **HERTOG M. G., FESKENS E.J., HOLLMAN P.C. et al.,** (1993). Dietary antioxidant flavonoids and risk of coronary heart disease: the Zutphen Elderly Study. *Lancet* 342 (8878), 1007- 1011. 10-23p.
57. **IRENE H.** (2005). Sensibilisation au stress professionnel dans les pays en développement : un risque actuel dans un environnement de travail traditionnel : informations à l'intention des employeurs et des représentants des travailleurs. Série Protection de la santé des travailleurs n° 6. Institute of Work, Health & Organizations, University of Nottingham. ISSN 1729-3502: 50p.
58. **IRENE H., KARIN J., LEONOR C.** (2008). Stress, prévention et maîtrise. Organisation mondiale de la Santé. ISSN: 1729-3502p.

59. **JANUEL C.** (2003). Stress oxydant au niveau des plaquettes sanguines humaines dans le contexte du diabète. Thèse de docteur en biochimie. Institut national de sciences appliquées de Lyon: 200p.
60. **JAVANOVIC S. ET STEENKEN S.** (1994). Flavonoids as antioxydants, Journal of American Chemical Society: 4846-4851p.
61. **JEAN-JACQUES M., ANNIE F., PASCALE S.** (2006). Composés phénoliques dans la plante-Structure, biosynthèse, répartition et rôles, les poly phénols en agro-alimentaire. Ed: Lavoisier Tec et Doc: 398p.
62. **JUDITH M.D.** (2005). Etude phytochimique et pharmacologique de *Cassia nigricans Vahl* (*Caesalpinaceae*) utilisé dans le traitement des dermatoses au Tchad. Thèse de Docteur en Pharmacie: 166 p.
63. **JUNGBLUTH G.** (2008) Les espèces réactives de l'oxygène et leur principale implication dans la physiopathologie canine. Thèse de doctorat. Ecole nationale vétérinaire de Lyon: p142.
64. **LAROCCA L.M., GLUSTACCHINI M., MAGGIANO N., RANELLETTI F.O., PLANTELLI M., ALCINI E., CAPELLI A.** (1994). Growth-inhibitory effect of quercetin and presence of type II oestrogen binding sites in primary human transitional cell carcinomas. Journal of Urology, vol. 152: 1029-1033p.
65. **LEAKE D.S.** (1998). Flavonoids in Health and Disease, Second Edition; Effects of Flavonoids on the Oxidation of Low-Density Lipoproteins. EBook ISBN: 978-1-4398-5811-0. Chapter 7: 253- 276p.
66. **LÉGER C.L.** (2006). Antioxydants d'origine alimentaire : diversité, modes d'action anti-oxydante, interactions. Laboratoire Nutrition humaine et athérogénèse. Institut de biologie, Faculté de médecine. OCL VOL. 13 N° 1: 69p.
67. **LELEUX M.C.** (2006). L'enquête alimentaire et le conseil nutritionnel. Support de Cours, Expert de cette publication Dr VAIDIE A. Université des Antilles: 18p.
68. **LEVY F. et LUDES B.** (2007). La mort subite par arrêt cardiaque, aspects médicaux légaux. Rapport technique d'urgence pratique en cardiologie n°81. Institut de Médecine Légale, Faculté de Médecine de Strasbourg: 95-98p.
69. **LOUISOT P.** (1996). Abords méthodologiques des enquêtes de consommation alimentaire chez l'homme. Dossier scientifique n° 8: 104p.
70. **LUCIEN A.** (2003). Alimentation, nutrition et cancer : vérités, hypothèses et idées fausses. Institut de veille sanitaire. SICOM 03073: 57p.

71. **MAATTA RIIHINEN K R., KAMAL ELOLINE A., TORRONEN A R.** (2004). Identification and quantification of phénolic compounds berries of *Fragaria* and *Rubus* species. *Journal of agricultural and food chemistry*, vol.52: 6178-6187p.
72. **MACHEIX.** (2006). Les composés phénoliques des végétaux. Presses polytechnique et universitaire romande « *BOOK REVIEW* » ; Chargée de Recherches à l'INRA. Ed: Lavoisier: 72p.
73. **MACHEIX J., FLEURIET A. ET ALLEMAND C.J.** (2005). Les composés phénoliques des végétaux. Un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. Ed : Collection biologie, Presse polytechniques et universitaires romandes: 192p.
74. **MAKIMURA M., HRASAWA M., KOBAYASHI K., INDO J., SAKANAKA S., TAGUCHI T., OTAKE S.** (1993). Inhibitory effect of tea catechins on collagenase activity. *Journal of Periodontology*, vol. 64: 630-636p.
75. **MANACH C.** (2004). Polyphenols food sources and bioavailability. *Journal American of clinical nutrition*, vol. 79(5): 727-747p.
76. **MARFAK A.** (2003). Radiolyse gamme des flavonoïdes, étude de leur réactivité avec les radicaux issus des alcools : Formation de depsides. Thèse de Doctorat Spécialité Biophysique, Université de Limoges: 220p.
77. **MARTIN S. et ANDRIANTSITOHAINA R.** (2002). Mécanismes de la protection cardiaque et vasculaire des polyphénols au niveau de l'endothélium. *Pharmacologie et physico-chimie des interactions cellulaires et moléculaires*, UMR CNRS, faculté de pharmacie, université Louis-Pasteur, France, vol. 51, n°6: 304-315p.
78. **MARTINI M.C.** (2004). Polyphénols extraits de coproduits végétaux. Article tiré de : *Arômes, Ingrédients et Additifs* n° 51: 12p.
79. **MARTINI M.C.** (2004). Les antioxydants. Éd: Tec et Doc, chapitre 18: 337-352p.
80. **MATHILDE C., CHRISTIAN C., JEAN-CLAUDE M., CATHERINE R.** (2007). ESCo «Les fruits et légumes dans l'alimentation". Chapitre 2. Les sources de variabilité des qualités nutritionnelles des fruits et légumes. Rapport d'expertise réalisé par l'INRA à la demande du Ministère de l'Agriculture et de la Pêche: 173-235p.
81. **MAUKAI M.A** (2009). Le pouvoir d'achat en berne : dur d'être salaire. Article paru dans le journal du quotidien d'Oran du 17/03/2009, cité in : **BENSALEM A.** (2010). Prise en charge diététique de l'insuffisant rénale chronique et impact sur l'alimentation de la famille. Thèse de Magister: 100p.

82. **MIDDLETON E.** (2000). The Effects of Plant Flavonoids on Mammalian Cells: Implications for Inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol Rev* 52(4): 673-751p.
83. **MIKKONEN J. et RAPHAEL D.** (2011). Déterminants sociaux de la santé : les réalités canadiennes. Toronto École de gestion et de politique de la santé de l'Université York ISBN 978-0-9683484-1-3. Canada, publication disponible à l'adresse <http://www.thecanadianfacts.org/>: 63p.
84. **MYARA J.** (2002). Vieillesse et stress oxydant. Laboratoire de Biochimie. Hôpital Charles Foix (Ivry) ; *Nahclim Métab*, vol.16(1): 292-300p.
- NEVE J.** (2002). Nutrition clinique et métabolisme. Université libre de Bruxelles, institut de pharmacie, laboratoire de chimie pharmaceutique. Ed: Elsevier SAS, vol.16: 292-300p (916p).
85. **NKOY BELILA J.** (2002). Facteurs de risque cardiovasculaire, maladies cardiovasculaires et gradient social en milieu professionnel. Mémoire dans la catégorie biologie et médecine, université de kinshasa (rd congo) - spécialiste en médecine interne : 846p.
86. **NKHILI Z.** (2009). Polyphénols de l'alimentation : extraction, interactions avec les ions du fer et du cuivre, oxydation et pouvoir antioxydant. Thèse de Doctorat, spécialité: sciences des aliments faculté des sciences Semlalia, Marrakech: 378p.
87. **OMS.** (2005). Organisation mondiale de la Santé. Utilisation et interprétation de l'anthropométrie. Rapport d'un Comité d'experts. Genève, Rapports techniques, N°854: 367p.
88. **PALOMAKI G.E., MELILLO S., BRADLEY L. A.** (2010). Association between genomic markers and heart disease, a meta-analysis, *JAMA* 303: 648-656p.
89. **PARKS D.A. et GRANGER D.N.** (1986). Contributions of ischemia and reperfusion to mucosal lesion formation. *American Journal of Physiology*, Vol. 12, n°10: 1161-1208p.
90. **PELLI K. et LYLly M.** (2003). Les antioxydants dans l'alimentation. Institut National de la Recherche Agronomique 147, rue de l'Université 75338 PARIS cedex 07. France: 28p.
91. **PEREZ-JIMENEZ J., MANACH C., SCALBERT A., MORAND C., REMESY C.** (2004). Polyphenols: food sources and bioavailability. Ed: *Am. J. Clin. Nutr*, vol.79 n° 5 : 727-747p.
92. **PINCEMAILA J., DEGRUNEB F., VOUSSUREC S., MALHERBEC C., PAQUOTD N., DEFRAIGNEA J.O.** (2007). Effet d'une alimentation riche en fruits et

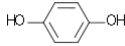
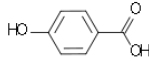
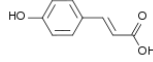
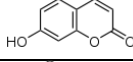

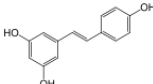
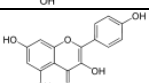
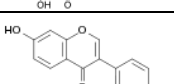
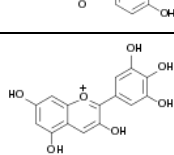
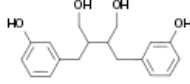
- légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. Ed: Elsevier Masson, vol.21: 66-75p.
93. **PINCEMAIL J., SIQUET J., CHAPELLE J.P et al.**, (2000). Evaluation des concentrations plasmatiques en antioxydants, anticorps contre les LDL oxydées et homocystéine dans un échantillon de la population liégeoise. *Ann Biol Clin* 58: 178-185p.
94. **PNNS.** (2007). Fruits & Légumes. La Santé au naturel. Rapport observatoire de la santé en France avec le soutien du Plan National Nutrition Santé. Publications mondiales. Ed: INSERM: 1-9p.
95. **QUINTIN I., CASTETBON C., MENNEN L., HERCBERG S.** (2003). Alimentation, nutrition et cancer. Vérités, hypothèses et idées fausses. L'unité de surveillance et d'épidémiologie nutritionnelle. Ed: SICOM : 3073p.
96. **RAHMAN A., NOUROOZ J., MOLLER W.** (1999). Increased oxidative damage to all DNA base in patients with type II diabetes mellitus .*FEBS LET*: 120-122p (448p).
97. **REMESY C.** (1998). L'importance des antioxydants. INRA- Theix. Ed: Clermont-Ferrand: 8p.
98. **REMESY C., MANACH C., DEMIGNE C., TEXIER O., REGERAT F.** (1996). Intérêt nutritionnel des flavonoïdes. Ed: *Méd. Nut.* 32 (1) :17p.
99. **RICE-EVANS C. et MILLER N.** (1996). Antioxydant activities of flavonoids as bioactive components of food. *Biochemical Society Trans*: 790-795p.
100. **ROCK E.** (2006). Quality and Safety of Fruits and Vegetables. Unité Maladies Métaboliques et Micronutriments, Centre de Recherche en Nutrition Humaine d'Auverg; Thai-French Seminar on Fruit and Vegetable Bangkok, Thailand. Human Nutrition Unit INRA Theix, France: 42p.
101. **ROUSSEL AM.** (2004). Micronutriments et polyphénols antioxydants: une nouvelle voie de prévention nutritionnelle. Cahiers de nutrition et de diététique (Laboratoire de Biologie du Stress Oxydant), université Joseph-Fourier, 38041 Grenoble I, France. Elsevier Masson: 4-6p.
102. **SARNI-MANCHADO P. et CHEYNIER V.** (2006), Les polyphénols en agroalimentaire. Lavoisier, Ed: Tec et Doc: 398p.
103. **SCALBERT A.** (1993). Polyphénols du thé, sources alimentaires, consommation et biodisponibilité. Laboratoire des maladies métaboliques et micronutriments, INRA, centre de Clermont-Ferrand: 210p.

104. **SCALBERT A.** (2000). Dietary intake and bioavailability of polyphénols, INRA, France. Laboratoire des Maladies Métaboliques et Micronutriments. *J Nutr*, 130: 2073-2085p.
105. **SCALBERT A.** (2004). Fruits et légumes, polyphénols et santé. Professeur agrégée (Laboratoire des maladies métaboliques et micronutriments, INRA, centre de recherche de Clermont-Ferrand/Theix), relu par Ed: Florentin: 1-7p
106. **SCALBERT A.** (2006). Les polyphénols : intérêt nutritionnel, INRA, France. Laboratoire des Maladies Métaboliques et Micronutriments: 130: 727-747p.
107. **SCHLIENGER J.L. et LUCA F.** (2007). Médecine des maladies Métaboliques, vol.1 n°3. Service de médecine interne et nutrition, Hôpital de Haute pierre, Strasbourg: 33-36p.
108. **SCHMITT B., ROGER L., KREMPF M., CHERBUT C., LEGRAND P., GUEGUEN L., HERCBERG S., JOUBREL G.** (2004). Nutrition et santé innovation qualité sécurité alimentaire. Edition : CERN, Centre Hospitalier Bretagne Sud. Article n°72: 1-3p.
109. **SCUTT A., MEGHJI S., CANNIFF J. P., HARVEY W.** (1987). Stabilisation of collagen by betel nut polyphenols as a mechanism in oral submucous fibrosis, *Experientia*, Vol.43: 391-393p.
110. **SELMI C., MAO K., KEEN L., SCHMITZ H., GERSHWIN M.** (2006). The anti-inflammatory properties of cocoa flavanols, dans *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, vol. 47, n° Suppl 2: 163-171p.
111. **SILBERBERG M., MORAND C., MATHEVON T., BESSON C., MANACH C., SCALBERT A., REMESY C.** (2006). The bioavailability of polyphenols is highly governed by the capacity of the intestine and of the liver to secrete conjugated metabolites. *Eur J Nutr*; 45(2): 88-96p.
112. **SMATTI M. et TIAIBA A.** (2007). Contribution à l'étude phytochimique du fenugrec. Mémoire d'ingénieur d'état en Nutrition et Technologies Agro-alimentaires à l'université Mentouri de Constantine: 44p.
113. **STANLEY et al.,** (2003). Antioxidants and the free radical theory of degenerative disease, dans *Alternative Medicine and Rehabilitation: A Guide for Practitioners*. Wainapel SF, Fast A, editors. New York: Demos Medical Publishing, Vol. 6(1): 75-82p.
114. **TOURNIAIRE F., HASSAN M., ANDRE M., GHIRINGHELLI O., ALQUIER C., AMIOT M.J.** (2005). Molecular mechanisms of the naringin low uptake by Caco-2 cells. *Mol. Nutr. Food Res.* *Urgence pratique - Cardiologie* n°8: 957-962p.

115. **TOURNIAIRE F.** (2007). Les effets bénéfiques des polyphénols sont-ils dus à leurs propriétés antioxydantes. *Mol. Nutr. Food Res.* Urgence pratique - Cardiologie n°7: 863p.
116. **TUCKER K.L.** (2007). Assessment of usual dietary intake in population studies of gene-diet interaction. *Nutr. Metab. Cardiovasc. Dis.*, vol.17: 74-81p.
117. **YVON GERVAISE M.** (2004). Analyse des antioxydants naturels dans les matières premières et les produits. SGS Multilab Rouen, Paris: 33p.
118. **Sites internet**
1. <http://www.google.dz/url?sa=t&rct=j&q=poid+en+gramme+de+portion+de+poire%2C+past%C3%A9que%2C+melon%2C+....+pdf&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CEYQFjAE&>. Date de consultation 12/05/2011.
 2. OMS (2005). www.who.int. Date de consultation 21/06/2011.
 3. http://www.nubel.be/fra/manual/liste_des_denrees_alimentaires.asp. Site édité par **NUBEL ASBI** en 2010. Date de consultation 12/05/2012.
 4. <http://www.marmiton.org/pratique/table-conversion-mesures.aspx>. Date de consultation 21/05/2012.
 5. <http://www.recettes.qc.ca/conversion/>. date de consultation 21/05/2012.
 6. <http://www.cuisinalavapeur.net/preparation-conseils/conseils-culinaires/252.html?task=view> Date de consultation 29/5/2012.
 7. <http://blog.cuisine-et-mets.com/equivalences-et-mesures-de-cuisine/>. Site édité par **PIERE EMMANUEL MALISSIN** en 2009. Date de consultation 29/5/2012.
 8. <http://www.phenol-explorer.eu/contents/total?Food-id=aa1>. Date de consultation 29/05/2012.
 9. http://www.docvadis.fr/docteur.olier.faulquemont/page/mes_conseils_pratiques/votre_alimentation/j_apprends_a_doser_mes_aliments_sans_balance_pour_bien_proportionner_mes_repas.html. Site édité par **OLIER DANIEL** en 2011. Date de consultation 29/05/2012.
 10. <http://www.unilever-pro-nutrition-santé.fr/nutrition-maladies-cardiovasculaires/polyphénols/>. Date de consultation 01/07/2012.

ANNEXES

Annexe 1. Principales classes de composés phénoliques (MACHEIX et al., 1990 in SARNI-MANCHADO et CHEYNIER, 2006).

<i>COMPOSES PHENOLIQUES</i>				
<i>Squelette carboné</i>	<i>Classe</i>	<i>Exemple</i>	<i>Formule</i>	<i>Origine</i>
C6	Phénols simples	Hydroquinone		Busserole
C6-C1	Acides hydroxybenzoïques	acide phydroxybenzoïe		Epices, fraises
C6-C3	Acides hydroxycinnamiques	acide p-coumarique		Tomates, ail
	Coumarines	Ombelliférone		Carottes, coriandre
C6-C4	Naphtoquinones	Juglone		Noix
C6-C2-C6	Stilbénoïdes	trans-resvératrol		Raisin
C6-C3-C6	Flavonoïdes	Kaempférol		Fraises
	Isoflavonoïdes	Daidzéine		Graines de soja
	Anthocyanes	Delphinidol		Raisin Cabernet-Sauvignon
(C6-C3)₂	Lignanes	Entérodiol		Bactéries intestinales
(C6-C3)_n	Lignines			Bois, fruits à noyaux
(C6-C3-C6)_n	Tanins condensés	Procyanidol		Raisins, kaki

Annexe 2. Récapitulation des principales sources alimentaires des flavonoïdes

<i>Flavonoïdes</i>	<i>Valeur (mg/kg poids)</i>	<i>Aliment et plantes médicinales</i>	<i>Références</i>
Apigénine	500	Céleri, persil	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	150	Chou frisé	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine	320	Laitue	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	300	Oignon	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Kaempférol	290	Endives, poireaux, thé, brocolis	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	100	Poireau	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Apigénine + Lutéoline	100	Céleri	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	70	Haricots verts	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	65	Choux de Bruxelles	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	35	Brocolis	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	10	Tomate	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	3	Chou-fleur	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	3	Pomme de terre	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Hespérétine	1700 - 2800	Orange	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Naringénine	2700 - 6000	Pamplemousse	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	100	Cerises aigres	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	12	Cerises douces	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	50 - 100	Raisins	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	80	Cassis	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine	55	Abricots	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine + Kaempférol	50	Mûres	REMESY et al. (1996) ; HADI (2004)
Quercétine	30 - 490	Oignons, peau des pommes, raisin noir, brocolis	GALLAND et COHEN (2006).
Quercétine +	30	Groseilles	REMESY et al. (1996) ; HADI

Kaempférol			(2004)
Quercétine + Kaempférol	30	Framboises	REMESY et al. (1996)
Quercétine + Kaempférol	30	Prunes	REMESY et al. (1996)
Épigallocatec hine	/	Thés, raisin noir, vin rouge	CARVALHO et al. (2004).
Acide P- coumarique	/	Raisin blanc, tomates, épinards, chou, asperges	CARVALHO et al. (2004).
Acide férulique	/	Céréales, tomates, épinards, chou, asperges	EDEAS (2007)
acide caféique	/	Raisin blanc, olives, épinards, chou, asperges	EDEAS, 2007)
Acide chlorogénique	/	Pommes, poires, cerises, prunes, tomates, pêches	EDEAS (2007)
Flavonoïdes	260,74	Choux vert	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	10,13	Épinards	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	8,6	Radis	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	264	Fenouil	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	69,3	Piments forts	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	61,6	Brocoli	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	59,2	Céleri	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	48	Navets	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	40,4	Endives	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	29,5	Poireaux	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	78,1	Cassis	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	15	Citrons	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	7,9	Fraises	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	5,8	Jus de raisin.	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	4,5	Raisins	BEDARD (2008)
Flavonoïdes	200 - 300	Cerise, pomme, pêche	BERGHOUT et BERKENI (2004)
Flavonoïdes	100 - 200	Laitue, céleri, carotte, tomate	BERGHOUT et BERKENI (2004)
Flavonoïdes	5 - 200	Haricot, fève, pois colorés	BERGHOUT et BERKENI (2004)
Flavonoïdes	200 - 300	Cacao, thé, glandes, châtaigne	BERGHOUT et BERKENI (2004)
Flavonoïdes	100 - 200	Thyms, origan, menthe, romarin	BERGHOUT et BERKENI (2004)
Flavonoïdes	1000 - 3000	Café	YVON-GERVAISE (2004)

Annexe 3. Questionnaire final

INAATA, Université Mentouri Constantine

Questionnaire sur la consommation des aliments contenant des polyphénols

Questionnaire N° : ...

Date :

Volet 1. Identification et renseignements personnels

Veillez mettre une croix dans la ou (les) case(s) correspondante(s) à votre réponse ou répondre à la question.

1. Sexe : masculin féminin 2. Age : [25-35] [36-45] [46-55] [56-65] >65

3. Données anthropométriques : taille..... Poids :

4. Résidence : urbaine rurale région (Commune).....5. Niveau d'instruction : illettré ayant étudié dans une école coranique primaire moyenne
secondaire supérieure

6. Profession :

7. Distance par rapport au lieu de travail (en Km) :

.....

8. Moyen de transport :

.....

9. Souffrez-vous de maladies chroniques ? Oui Non

*si oui la (ou les) quelle(s) ?

*depuis quand ?

10. Etes-vous suivi par un médecin spécialiste ? Oui Non *si oui est-ce qu'il vous a conseillé de suivre un régime ? Oui Non

*si oui le quel ?

.....

*est-ce qu'il vous a conseillé de prendre certains aliments ? Oui Non

*si oui les quels ?

.....

*est-ce qu'il y a des cas de mort subite dans la famille ? Oui Non

*si oui, quel était la cause

principale ?

11. Est-ce que vous fumez ? Oui Non

*Si non, est que : vous avez arrêté de fumer vous n'avais jamais fumé très peu de fois au passé

*si oui combien de cigarettes par jour ?

12. Est-ce que vous fréquentez souvent des gens qui fument ? Oui Non

*si oui, où ? Lieu de travail lieux de repos maison Autres

13. Est-ce que vous pratiquez du sport ? Oui Non

*si oui quel type de sport ?.....

*combien de fois par semaine ? 1fois 2fois 3fois plus de 3 fois nombre irrégulier

*une fois dure : moins de 30min 30 min 1h 1h30 2h plus de 2h durée irrégulière d'une fois à l'autre aucune idée

14. Y'a-t-il un membre de la famille qui souffre de maladies chroniques ? Oui non

*si oui le (ou les) quel (s) ? Père Mère Sœur Frère Grand-père paternel Grand-père maternel Grand-mère paternelle Grand-mère maternelle Tantes ou oncles paternels Tantes ou oncles maternels Aucun membre Aucune idée

15. Pensez vous que vous subissez de stress Oui Non

*si oui, précisez quel type de stress ?.....

*si oui, comment faites vous pour vous détendre ?

Dormir marcher pratiquer du sport regarder la télévision faire le ménage ne rien faire lire ou réviser (une revue, un cours, un livre, un journal,...) aller manger ne rien manger consulter des sites internet faire des visites autres

Volet 2. Renseignements sur les aliments contenant les polyphénols

1. Est-ce que vous consommez quotidiennement des légumes ? Oui Non

*si oui quels sont les légumes les plus consommés (par ordre) ?

.....

2. Consommez-vous plus d'un type de légumes par jour ? Oui Non

*Si non pour quelles raisons vous ne consommez pas les légumes?

Prix accessibilité gout difficulté de conservation difficulté de préparation

*habituellement conservez-vous des légumes ? Oui Non

-si oui pour combien de jours? 1 jour 2 jours 3 jours 4 jours et plus

-Si Non pourquoi ? Perdent leur valeur changent de gout tout le temps disponibles sur le marché

3. Est-ce que vous consommez quotidiennement des fruits ? Oui Non

*si oui quels sont les fruits les plus consommés (par ordre) ?

.....

4. Consommez-vous plus d'un type de fruits par jour ? Oui Non

*Si non pour quelles raisons vous ne consommez pas les fruits?

Prix accessibilité gout difficulté de conservation difficulté de préparation

*habituellement conservez-vous des fruits ? Oui Non

Oignon rouge								
Oignon blanc								
Tomate								
Fèves								
Fruits		H, P, E, A, N	GU, MU, PU.	QCS, QP, Qg, Qu	AE, SE	n/j	n/s	n/m
Abricot								
Pêche								
Prune								
Cerise								
Mure								
Datte								
Datte séchée								
figue								
Figue séchée								
Fraise								
Orange								
Nèfle								
Ananas								
Mandarine								
Banane								
Grenadine								
Melon								
Pastèque								
Poire								
Pamplemousse								
Mangue								
Pomme								
Raisin vert								
Raisin noir								
Figue de barbarie								
Kiwi								
avocat								
Produits céréaliers		H, P, E, A, N		QP, Qg.		n/j	n/s	n/m
Pain (farine raffinée)								
Galette (semoule raffinée)								
Galette (semoule complète)								
Pain d'orge (farine complète)								
mais (farine raffinée)								
mais (grains entiers)								
Riz (grains entiers)								
Pates (farine complète)								
Pates (farine raffinée)								
Produits gras	C, F	H, P, E,		QCS, Qg,		n/j	n/s	n/m

		A, N		Qu.				
Amandes								
Cacahuètes								
Noix								
Olives vertes								
Pistaches								
Olives noires								
Huile d'olives vierge								
Huile d'olive								
Produits sucrés		H, P, E, A, N	QP	QCS	AE, SE	n/j	n/s	n/m
Chocolat noir								
Chocolat au lait								
Gâteau à base de cacao								
Confiture de pomme								
Confiture de cerise								
Confiture de prune								
Confiture de mure								
Confiture d'abricot								
Confiture d'orange								
Confiture de raisin								
Confiture de poire								
Confiture de pêche								
Confiture de datte								
Confiture de fraise								
boissons	C, F	H, P, E, A, N		QT, Qml		n/j	n/s	n/m
Thé vert								
Thé noir								
Café bouilli								
Café pressé								
Jus d'orange								
Jus d'orange sanguine								
Jus de citron vert								
Jus d'ananas								
Jus de raisin noir								
Jus de poire								
Cocktail de raisin noir, pomme et framboise								
Infusion ou tisanes d'herbes								

C, F = cuit, frais ; H, P, E, A, N = hiver, printemps ; été, automne, non précis ; GU, MU, PU = grosse unité, moyenne unité, petite unité ; AE, SE : avec enveloppe, sans enveloppe ; QT, Qml = quantité en tasse, quantité en millilitre ; QCS, QP, QU, Qg = quantité en cuillère à soupe, en portion, en unité, en gramme ; n/j, n/s, n/m = nombre par jour, par semaine, par mois.

Annexe 4. Teneurs en mg de polyphénols correspondant aux portions d'aliments et (PEREZ-JIMENEZ, 2004)

<i>Aliment</i>	<i>Groupe alimentaire</i>	<i>Teneur (mg par portion)</i>		
		<i>Portion (g)</i>	<i>Polyphénols^b</i>	<i>Polyphénols^c AE</i>
Abricot	Fruits	65	22	10
Amande	Graines	10	19	0,8
Arachide décortiquées grillées	Graines	40	2,6	2,6
Artichaut têtes	Légumes	168	436	259
Banane	Fruits	97	2,5	2,5
Brocoli	Légumes	72	33	15
Café filtré	Boissons non alcoolisées	190	408	209
Carotte	Légumes	54	7,6	3,5
Chocolat au lait	Produits de cacao	32	75	75
Chou-fleur	Légumes	38	2,7	2,7
Épinards	Légumes	59	70	40
Farine de blé entier	Céréales	20	14	14
Farine de blé raffinée	Céréales	20	1,2	1,2
Fraise	Fruits	166	390	340
Raisin vert	Fruits	54	48	46
Grenade	Fruits	100	1,1	1,1
Haricot blanc	Graines	35	44	11
Haricot vert	Légumes	60	4,8	3,4
Haricots noirs	Graines	35	52	14
Huile d'olive vierge	Huiles	16	10	4,8
Jus de citron pur	Boissons non alcoolisées	15	6,3	1,8
Poudre de cacao	Produits de cacao	3	103	99
Laitue rouge	Légumes	24	5,4	3,4
Chocolat noir	Produits de cacao	17	283	275
Thé noir	Boissons non alcoolisées	195	197	175
Mûre	Fruits	144	374	260
Noisette	Graines	28	138	138
Oignon blanc	Légumes	30	1,6	1
Oignon jaune	Légumes	30	22	15
Oignon rouge	Légumes	30	50	30
Olives noires	Légumes	15	85	48
Pâtes	Céréales	60	2,5	2,5

Pêche	Fruits	99	59	52
Poire	Fruits	138	23	15
Poivron vert	Légumes	20	0,9	0,5
Pomme	Fruits	110	149	147
Pomme de terre	Légumes	128	36	23
Prune	Fruits	85	320	242
jus de grenade pur	Boissons non alcoolisées	150	99	50
jus pur de pamplemousse	Boissons non alcoolisées	150	79	39
jus de pomme pur	Boissons non alcoolisées	248	168	151
jus d'orange sanguine pur	Boissons non alcoolisées	154	71	31
Raisin noir	Fruits	54	91	113
Salade verte	Légumes	24	1,9	1,1
Thé vert	Boissons non alcoolisées	195	173	164
Tomate	Légumes	50	2,1	1,2
Vert olive	Légumes	15	52	35

^{b)} Teneur en polyphénols déterminée par chromatographie après hydrolyse des glucosides et les esters.

^{c)} Teneur en polyphénols déterminée par chromatographie d'oligomères de proanthocyanidine et par chromatographie en phase directe liquide à haute performance (HPLC). (AE : équivalents aglycones)

Annexe 5. Poids en gramme des unités de fruits et légumes (BELLEMANS et DE MAEYER, 2005).

<i>Groupe alimentaire</i>	<i>aliments</i>	<i>Poids d'unité (une pièce) (g)</i>
<i>Légumes</i>	Artichaut	100-300
	Aubergine	300
	Betterave	200
	Brocoli	500
	Carotte	125
	Chou-fleur	1500
	Choux	2000
	Concombre	350
	Courgette	300
	Datte	15-25
	Endive	130
	Fenouil	200
	Laitue	300
	Navet	200
	Oignon	100-130
	Poireau	150
	Poivron	180
	Pomme de terre	160
	Radis	350
	Tomate	120-150
<i>Fruits</i>	Abricot	45
	Ananas	1300-1800
	Avocat	250
	Banane	150
	Banane	200
	Banane	255
	Cerise	4
	Datte	15
	Figue	50
	Figue séchée	20
	Figue de barbarie	180
	Fraise (petite)	10
	Fraise (moyenne)	15
	Fraise (grosse)	20
	Grenade (Petite)	90
	Grenade(Moyenne)	180
	Grenade(Grosse)	260
	Kiwi (Petite)	65
	Kiwi(Moyenne)	90
	Kiwi(Grosse)	100
	Mandarine(Petite)	55
	Mandarine(Moyenne)	90
	Mandarine(Grosse)	125
	Mangue(Grosse)	400

	Mangue(Moyenne)	300
	Mangue(Petite)	220
	Melon (Grosse)	800
	Melon (Petite)	400
	Melon (Moyenne)	500
	Raisin	6-7
	Olive	4
	Orange(Grosse)	280
	Orange(Moyenne)	200
	Orange(Petite)	150
	Pamplemousse	300-400
	Pastèque (Petite)	1500-3000
	Pastèque (Moyenne)	8000-11000
	Pastèque (Grosse)	3000-8000
	Pêche	150
	Poire (petite)	120-150
	Poire (moyenne)	170
	Poire (grosse)	240
	Pomme (petite)	120
	Pomme (moyenne)	150
	Pomme (grosse)	220
	Prune (petite)	30
	Prune (moyenne)	55
	Prune (grosse)	85
<i>Chocolats</i>	Marque connu	Voir information sur produit
	Marque non connu	3,5-5,5
	Bâtonné individuelle	47-50
	Barre de chocolat noir	43
	Barre de chocolat au lait	43
<i>Biscuits</i>	Biscuit a cacao	23
	Cake a cacao	35
	pâtisserie a cacao	250

Annexe 6. Grammage en tasse de certains aliments (<http://www.marmiton.org/pratique/table-conversion-mesures.aspx>). Date de consultation 21/05/2012

<i>Aliments</i>	<i>Tasse (g)</i>
Noix, noisettes, amandes concassées	75
Fruits secs (raisins ou autres)	37.5
Fruits frais (framboises, cerises ou autres)	50
Jus de fruit	120

Annexe 7. Poids en gramme d'une cuillère à soupe de certains aliments.
<http://www.recettes.qc.ca/conversion/>. Date de consultation 21/05/2012.
[http://www.cuisineralavapeur.net/preparation-conseils/conseils-culinaires/252.html?task=view](http://www.cuisineralavapeur.net/preparation-conseils/conseils-culinaires/252.html?task=view;); et <http://blog.cuisine-et-mets.com/equivalences-et-mesures-de-cuisine/>. Table éditée par Pierre Emmanuel Malissin (2009). Date de consultation 29/5/2012

<i>Aliments</i>	<i>1 cuillère à soupe (g)</i>	<i>Aliments</i>	<i>1 cuillère à soupe (g)</i>
Amandes effilées	20	Lentilles cuites	23-24
Amandes entières	10	Maïs	16-17
Amandes tranchées	5	Mûres	18-19
Amandes en poudre	10	Noisettes	10
Betteraves	25	Pâtes cuites	25
Fèves	23-24	Petits pois	20
Framboises	28-29	Pois chiches cuits	20
Haricots cuits	25	Purée de pomme de terre	60
Huile d'olive	13	Raisins secs	20-30
Jus de fruit	10	Riz cuit	25

Annexe 8. Poids et mesures de certains aliments (NUBEL, 2010)

<i>Aliment</i>	<i>Mesure de capacité</i>	<i>Poids</i>
Ananas (frais)	1 tranche moyenne	100 g
Avocat	1 moyen	160 g
Abricot (sans noyau)	1 moyen	150 g
Banane	1 moyenne	130 g
Beurre de cacahuète	1 cuillère	15 g
Biscotte blanche/complète	1 pièce	8 g/10 g
Biscuit	1 pièce	10 g
Biscuit au chocolat	1 pièce	20 g
Cacahuètes	1 cuillère/10 pièces	20 g/20 g
Café/thé	1 tasse	125g
Cake	1 fine tranche	30 g
Carotte	1 moyenne	100 g
Cerise (sans noyau)	1 moyenne	4 g
Chocolat	1 barre	25 g
Chou-fleur/brocoli, cuit	1 cuillère	30 g
Clémentine	1 moyenne	35 g
Concombre, cru	1 portion	85 g
Confiture	1 cuillère	30 g
Courgette, cuite	1 cuillère	35 g
Datte sèche (sans noyau)	1 moyenne	9 g
Éclair au chocolat	1 pièce	115 g
Fécule de pomme de terre	1 cuillère	12 g
Fenouil	1 pièce	200 g
Figue, sèche	1 pièce	20 g

Flocons d'avoine	1 tasse à café	45 g
Fraise	1 moyenne	15 g
Huile	1 cuillère	10 g
Jus de pomme/jus d'orange	1 verre	150 ml
Kiwi	1 moyen	75 g
Mandarine	1 moyenne	60 g
Mangue	1 moyenne	200 g
Melon	1 moyen	540 g
Noisettes	10 pièces	12 g
Oignon	1 moyen	115 g
Olive	1 moyenne	4 g
Orange	1 moyenne	140 g
Pain blanc/gris	1 tranche carrée	27 g
Pain blanc/gris	1 tranche ronde	29 g
Pain complet	1 tranche carrée	35 g
Pain complet	1 tranche ronde	45 g
Pain grillé blanc/gris	1 tranche	21 g
Pain français (baguette)	1 moyen	260 g
Pamplemousse	1 moyen	200 g
Pastèque	1 moyenne	1125 g
Pâtes, cuites	1 tasse à café	210 g
Pâtes, sèches	1 tasse à café	70 g
Pêche (sans noyau)	1 moyenne	125 g
Poire	1 moyenne	160 g
Poireau, cuit	1 cuillère	45 g
Poivron vert/jaune/rouge	1 pièce	185 g
Pomme	1 moyenne	140 g
Pomme de terre, cuite (ovale)	1 moyenne	50 g
Pomme de terre, rôtie	1 cuillère	30 g
Prune, sans noyau	1 moyenne	55 g
Prune, sèche	1 moyenne	6 g
Purée de pommes de terre	1 cuillère/portion	50 g/160 g
Radis	1 pièce	6 g
Raisin	1 pièce	7 g
Raisin, sec	1 cuillère	12 g
Riz, cuit	1 portion	150 g
Spaghetti, préparé	1 assiette	300 g
Tomate	1 moyenne	150 g

Annexe 9. Teneurs en polyphénols totaux des fruits et légumes frais (BRAT et *al.*, 2006)

<i>Fruits</i>	<i>polyphénols totaux (mg GAE /100g)</i>	<i>Légumes</i>	<i>polyphénols totaux (mg GAE /100g)</i>
Abricot	179,8	Artichaut (cœur)	321,3
Ananas	47,2	Aubergine	65,6
Banane	51,5	Avocat	3,6
Cerise	94,3	Brocoli	98,9
Citron	45	Carotte	10,1
Citron vert	30,6	Chou-fleur	12,5
Datte	99,3	Courgette	18,8
Fraise	263,8	Fenouil	13
Figue	92,5	Haricot	10
Kiwi	28,1	Navet	54,7
Mangue	68,1	Oignon	76,1
Melon	7,8	Poireau	32,7
Orange	31	Pois	36,7
Pamplemousse	43,5	Poivron rouge	26,8
Pastèque	11,6	Poivron vert	18,2
Pêche jaune	59,3	Pomme de terre	23,1
Poire	69,2	Radis	38,4
Pomme	179,1	Salade	35,6
Raisin	195,5	Tomate	13,7

Annexe 10. Teneurs en polyphénols totaux des aliments (MAATTA RIIHINEN et *al.*, 2004)

<i>Aliments</i>	<i>polyphénols totaux (mg GAE /100g)</i>	<i>Aliments</i>	<i>polyphénols totaux (mg GAE /100g)</i>
Amande	287.09	Jus de raisin noir	68
Betterave	61.12	Lentille	6553
Blé dur farine complète	185.95	Mais complet	180.66
Blé dur farine raffinée	56.20	Mais farine raffinée	102
Chocolat au lait	854.34	Mandarine	192
Chocolat noire	1859.88	Mûre	256.67
Concombre	20,98	Nèfle	84.54
Confiture d'abricot	6.75	Oignon blanc	45.50
Confiture de cerise	6.3	Oignon rouge	102.83
Confiture de fraise	2,13	Olive noire	117.17
Confiture de mure	11.49	Olive verte	161.24
Confiture de prune	142.65	Orge farine complète	72.91
Datte séché	487.73	Pain farine complet	154.25
Figue séché	960	Pain farine raffinée	0
Framboise noire	57	Pate farine complète	21.85
Framboise rouge	222.72	Pistache	1420
Grenade	1.1	Prune	190.47
Huile d'olive	19.80	Raisin noir	96.23
Huile d'olive vierge	20.67	Raisin vert	17.72
Jus d'ananas	35.80	Riz complet	94.52
Jus d'orange	48.88	Thé noir	104.48
Jus d'orange sanguine	56.22	Thé vert	61.86
Jus de citron vert	122	Tisane de fenouil	23.20
Jus de poire	38.49	Tisane de thym	51.10

Annexe 11. Polyphénols et antioxydants dans les aliments les plus riches (mg par 100g ou 100mg par ml) (PEREZ-JIMENEZ et al., 2004).

<i>Aliment</i>	<i>Groupe alimentaire</i>	<i>Teneur (mg par 100 g)</i>		
		<i>Polyphénols^b</i>	<i>Polyphénols^c AE</i>	<i>Antioxydants^d</i>
Artichaut têtes	Légumes	260-436	154-259	1142-1918
Café, filtre	Boissons non alcoolisées	214- 408	110- 209	267- 507
Épinards	Légumes	119	68	248
Farine de blé entier à grains	Céréales	71	71	90
Farine de maïs raffinée	Céréales	153	153	102
Haricot blanc	Graines	44- 51	11- 31	121- 138
Haricots noirs	Graines	59	36	1390
Jus de citron pur	Boissons non alcoolisées	42	20	-
La poudre de cacao	Produits de cacao	3448	3294	1104
Laitue rouge	Légumes	23	14	114
L'huile extra vierge d'olive	Huiles	62	33	55
Noisette	Graines	138- 495	138- 493	192- 687
Noix de pécan	Graines	493	493	1816
Oignon jaune	Légumes	22- 74	15- 49	23- 75
Pêche	Fruits	59	54	107
Pur jus de grenade	Boissons non alcoolisées	66- 99	37- 50	204- 306
Pur jus de pamplemousse	Boissons non alcoolisées	53	23	54
Pur jus de pomme	Boissons non alcoolisées	168	151	84
Pur jus d'orange blonde	Boissons non alcoolisées	46	20	-
Pur jus d'orange sanguine	Boissons non alcoolisées	56- 71	28- 31	72- 111
Infusion de thym	Boissons non alcoolisées	51,10	-	-
Infusion de fenouil	Boissons non alcoolisées	23.20	-	-
Infusion de romarin	Boissons non alcoolisées	18	-	-
Infusion de camomille	Boissons non alcoolisées	22.80	-	-
Infusion d'origan	Boissons non alcoolisées	30.10	-	-

^{d)} Le contenu antioxydants est déterminée par le dosage de Folin.

ملخص

ينتج الجسم يوميا الجذور الحرة التي يمكن أن تنتج بسبب بعض المكونات الكيميائية الموجودة في محيطنا الخارجي مثل الأشعة السينية و الأشعة فوق البنفسجية، المخدرات، التدخين، التبغ وسوء النظام الغذائي. الإجهاد التأكسدي بسبب الجذور الحرة يسبب تلف الأنسجة الهامة عن طريق أكسدة البروتينات، الحمض النووي والدهون، حيث انه يشمل العديد من الأمراض سواء كعامل محرض أو مرتبط بمضاعفاتها. مضادات الأكسدة هي مركبات كيميائية تعمل على اختزال أكسدة الخلايا. بعضها ذاتية، في حين يتم الحصول على الأخرى من النظام الغذائي (خارجية). من بينها، متعدد الفينولات وتمثل نسبة كبيرة جدا من العناصر الغذائية الدقيقة التي يقدمها نظامنا الغذائي. وقد أصبحت ذات أهمية متزايدة، خاصة بسبب دورها الفعال كمضادات أكسدة طبيعية.

الغرض من هذه الدراسة هو جمع أكبر قدر ممكن من المعلومات المتعلقة باستهلاك بعض الأطعمة التي تحتوي على مادة متعدد الفينولات من اجل معرفة الاستهلاك اليومي لعينة عشوائية تتكون من 200 شخص كائن بولاية قسنطينة .

يتكون الاستبيان من عنصرين أساسيين: العنصر الأول يلخص المعلومات الخاصة بتعريف الأشخاص اللذين شملتهم الدراسة، حالتهم الصحية، عوامل الخطر والسلوك الخامل. الجزء الثاني يحتوي على معلومات عن الأطعمة المستهلكة التي تحتوي على مادة متعدد الفينولات، والمستمدة من قاعدة البيانات للموقع الإلكتروني:

(<http://www.phenol-explorer.eu/contens/total?Food-id=aa1>)

كما ناقش بالإضافة إلى الجانب الكمي بعض المعالجة التحويلية التي قد تؤثر على تكوين الأطعمة من مادة متعدد الفينولات. من النتائج التي تم الحصول عليها، ونحن نتهمر على النقاط الرئيسية التالية:

بالنسبة للاستهلاك اليومي 76% من الأشخاص اللذين شملتهم الدراسة يستهلكون الخضار، الفواكه بنسبة 48% ، 39% بالترتيب و 20% بالنسبة للمشروبات والمشروبات العشبية.

يعتمد استهلاك الخضار والفواكه والمشروبات على السعر، في حين أن الطعم هو العامل الأساسي لعدم الاستهلاك اليومي للمشروبات العشبية.

يستهلك المرضى القليل من الفواكه والخضار بقشرتها، المزيد من الأطعمة المحفوظة و لديهم عوامل خطر أكثر بالمقارنة مع الأشخاص الأصحاء.

بخصوص استهلاك المنتجات التي تحتوي على مادة متعدد الفينولات غالبية الأشخاص اللذين شملتهم الدراسة (75%) تتماشى مع معيار (1 غ في اليوم) حيث 2.75 % تتطابق مع المرضى و 92.55% مع الأشخاص الأصحاء. من بين الأشخاص اللذين يمثلون الاستهلاك الأقل مستوى (25 %)، 97.43 % يتوافق مع المرضى و 7.45 % يتوافق مع الأشخاص الأصحاء. تم العثور على علاقة ضعيفة بين الاستهلاك من مادة متعدد الفينولات والصحة.

الكلمات الدالة : الجذور الحرة، الأكسدة، مضادات الأكسدة، متعدد الفينولات، الصحة، التغذية .

Summary

The organism produces free radicals daily. They may result from the action of certain chemical components of our environment (X-rays and UV light) of air pollutants (N, NO₂), drugs, smoke, tobacco, alcohol, dietary errors.

Oxidative stress due to free radicals causes tissue damage mainly by oxidation of proteins, DNA or lipids; it is involved in many diseases such as trigger or associated with the development of complications. Antioxidants are compound chemicals that reduce cells' oxidation. Some are endogenous, while others are obtained from the diet (exogenous). Among them, polyphenols represent a very large proportion of micronutrients provided by our diet. They are becoming increasingly important, particularly caused of their effects of natural antioxidants.

The purpose of the survey is to collect as much information on the consumption of certain foods that contain polyphenols end to know the daily consumption of a sample of 200 subjects taken at random in the Constantine. The questionnaire developed has two main components: a first component summarizes information on the identification of the interviewee, his health, risk factors and sedentary behavior. The second part contains information on foods consumed containing polyphenolic compounds, drawn from the database of the site phenol -explorer ([http:// www. Phenol-explorer.eu/contents/total? Food-id = aa1](http://www.Phenol-explorer.eu/contents/total?Food-id=aa1)). He also discussed in addition to the quantitative aspect and some processing that may affect the polyphenol composition of foods. From the results obtained, we run down the following key points:

For daily consumption, 76% of subjects surveyed consume vegetables, 48% consume fruits, 39% and 20% drink drinks and herbal teas.

Consumption of vegetables, fruits and beverages depends on the price, while the taste is not the primary factor in daily consumption of herbal teas.

The sick patients consume fewer fresh fruits and vegetables and envelopes, more preserved foods, have more risk factors compared to healthy subjects.

Regarding the consumption of polyphenols majority of respondents (75%) consumption complies with the standard (1g per day) which 2,75% corresponds to sick patients and 92,55% with healthy subjects. Among subjects with the standard lower consumption (25%), 97,43% corresponds to sick patients and 7,45% corresponds to healthy subjects. A weak correlation is found between the consumption of polyphenols and health, A weak correlation is found between the consumption of polyphenols and health.

Keywords: free radicals, oxidative stress, antioxidants, polyphenols, health, nutrition.

Résumé

L'organisme produit quotidiennement des radicaux libres. Ils peuvent résulter de l'action chimique de certains constituants de notre environnement (Rayons X et lumière UV), des polluants de l'air (N, NO₂), drogues, fumées, tabac, alcool, erreurs alimentaires.

Le stress oxydatif dû aux radicaux libres entraîne des dégâts tissulaires essentiellement par l'oxydation des protéines, de l'ADN ou des lipides, il est impliqué dans de très nombreuses maladies comme facteur déclenchant ou associé à l'évolution des complications. Les antioxydants sont des composés chimiques qui réduisent l'oxydation des cellules. Certains sont endogènes, alors que d'autres sont obtenus à partir de l'alimentation (exogènes). Parmi ces derniers, les polyphénols représentent une très large part des micronutriments apportés par notre alimentation. Ils prennent une importance croissante, notamment à cause de leurs effets d'antioxydants naturels.

Le but de l'enquête réalisée consiste à collecter le maximum d'informations sur la consommation de certains aliments qui contiennent des polyphénols à fin de connaître la consommation journalière auprès d'un échantillon de 200 sujets pris au hasard dans la wilaya de Constantine. Le questionnaire élaboré comporte deux principaux volets : un premier volet récapitule des renseignements sur l'identification de la personne interrogée, son état de santé, certains facteurs de risque et le comportement sédentaire. Le deuxième volet regroupe des informations sur les aliments consommés contenant des composés polyphénoliques, établis à partir de la base de données du site phénol-explorer (<http://www.phenol-explorer.eu/contents/total?Food-id=aa1>). Il a abordé aussi en plus de l'aspect quantitatif et certains procédés de transformation qui peuvent influencer sur la composition en polyphénols des aliments. D'après les résultats obtenus, nous avons délabré les points essentiels suivants :

Pour la consommation quotidienne, 76% des sujets interrogées consomment les légumes, 48% consomment des fruits, 39% et 20% respectivement boivent des boissons et tisanes.

La consommation de légumes, fruits et boissons est conditionnée par le prix, tandis que le goût reste le premier facteur de non consommation quotidienne des tisanes.

Les sujets malades consomment moins de fruits et légumes frais et avec enveloppes, plus d'aliments conservés, présentent plus des facteurs de risque par rapport aux sujets sains.

Concernant la consommation de polyphénols la majorité des personnes interrogées (75%) ont une consommation conforme à l'AJR (1g par jour) dont 2,75% correspond aux sujets malades et 92,55% aux sujets sains. Parmi les sujets ayant une consommation inférieure à la norme (25%), 97,43% correspond aux sujets malades et 7,45% correspond aux sujets sains. Une faible corrélation est constatée entre la consommation des polyphénols et l'état de santé.

Mots clés : radicaux libres, apport journalier, polyphénols, santé, alimentation.