

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

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



**Réf :.....**

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

**MASTER**

*Thème*

Elaboration de deux yaourts, l'un enrichi en jus de carotte et  
l'autre en jus de betterave

Présenté par :

**IDJENANE Amar & KEBBI Ryma**

Soutenu le : **02/07/2019**

Devant le jury composé de :

Mme Oukil Naima	MCA	Présidente
Mme Guendouze Naima	MCB	Promotrice
Mme Boubchir Karima	MAA	Examinatrice
Mlle Kerrour Nesrine Sana	Doctorante	Invitée

**Année universitaire : 2018 / 2019**



## **Remerciements**

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

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

*Nous voudrions tout d'abord adresser toute notre gratitude à notre promotrice, **Mme Guendouz N** pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils et ses encouragements. Sans oublier notre Co-promotrice **Mlle Kerrour Nesrine Sana** qui nous a beaucoup aider et assisté lors de ce modeste travail.*

*Nos remerciements vont également à :*

***Mme Oukil** pour l'honneur qu'elle nous fait de présider notre jury et à **Mme Boubchir** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous tenons à remercier **Mlle Brahmi**, **Mme Guemghar** et tout le personnel du laboratoire d'analyse instrumental et bien sur **Mme Sabrina Benamer** l'ingénieur du laboratoire d'analyse sensorielle sans oublier bien sur les membres du laboratoire 3BS.*

*Nous tenons à formuler notre gratitude et nos profondes reconnaissances à l'égard de nos parents pour leurs indéfectibles soutiens durant tout notre cursus.*

*Afin de n'oublier personne, nos vifs remerciements s'adressent à tous ceux qui nous ont aidées à la réalisation de ce modeste travail.*



## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail en signe de respect, reconnaissance et de*

*Remerciement :*

*A mes très chers parents.*

*A mon frère et ma belle-sœur et mon p'tit Mahdi*

*A ma sœur et son mari et ma petite Dolcé*

*A mes cousins et cousines*

*A mon chère H.M*

*A mon binôme*

*A mes amis*

*Et à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de  
ce modeste travail tous ceux qui me sont très chers.*

*Ryma*



# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail :*

*Aux deux personnes qui me sont les plus chères au monde, mon cher père et ma chère mère, auxquels je tiens à exprimer ma profonde gratitude de leurs soutiens incessants, de leur patience incommensurable, de leurs sacrifices inestimables, et surtout leur tendresse. Aucune dédicace ne saurait exprimer Nos respects et Nos considérations.*

*Que dieu prolonge vos jours dans la joie, la santé et la paix.*

*Je vous aime très fort*

*A mes très chers frères etsœurs et toute ma famille*

*A ma binôme «KEBY RYMA» et toute sa famille.*

*A tous mes amis : Halim, Nacer, Houhou, Abdou, Koukou, Syphax, Lyes, Tayeb*

**AMAR**

# Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des Tableaux

Introduction.....1

## Synthèses bibliographique

### Chapitre I : Généralités sur la betterave et la carotte

I.1. Betterave.....	2
I.1.1.Description botanique.....	2
I.1.2.Classification .....	2
I.1.3.Origine et production.....	3
I.1.4.Composition chimique et valeur nutritionnelle .....	3
I.1.5.Intérêts et rôles.....	4
I.2. Carotte .....	5
I.2.1. Description botanique.....	5
I.2.2. Classification .....	5
I.2.3. Origine et production.....	6
I.2.4.Composition et valeur nutritionnelle .....	6
I.2.5.Intérêts et rôles.....	7

### Chapitre II : Généralités sur le yaourt

II.1. Définition .....	8
II.2.Composition du yaourt.....	8
II.3.Intérêt nutritionnel .....	9
II.4.Caractéristiques générale des bactéries lactiques.....	10
II .4.1. <i>Lactobacillus bulgaricus</i> .....	10

II .4.2. <i>Streptococcus thermophilus</i> .....	10
II.4.3. Protocoopération des bactéries du yaourt.....	10
II .5. Technologie du yaourt .....	11

## Partie expérimentale

### Chapitre III : Matériel et méthodes

III.1. Matériel.....	12
III.1.1. Description du matériel végétale.....	12
III.1.2. Récolte des échantillons.....	12
III.2. Méthodes .....	12
III.2.1. Fabrication des yaourts .....	13
III.2.2. Analyses physico-chimiques.....	14
III.2.2.1. Détermination de la teneur en eau.....	14
III.2.2.2. Mesure du pH.....	14
III.2.2.3. Détermination de la teneur en cendres.....	15
III.2.2.4. Mesure de l'acidité titrable.....	15
III.2.2.5. Détermination du degré Brix.....	16
III.2.3. Analyses phyto-chimiques .....	17
III.2.3.1. Extraction.....	17
III.2.3.2. Dosage des polyphénols totaux .....	17
III.2.3.3. Dosage des caroténoïdes.....	18
III.2.3.4. Dosage des flavonoïdes .....	18
III.2.3.5. Dosage des bétalaines .....	19
III.2.3.6. Activité antioxydante .....	19
III.2.4. Analyses microbiologiques .....	21
III.2.4.1. Préparation des solutions mères .....	21
III.2.4.2. Préparation des dilutions décimales .....	21

III.2.4.3. Germes recherchés .....	21
III.2.5. Analyses sensorielles .....	23
III.2.6. Analyses statistique.....	23

## **Chapitre IV : Résultats et discussion**

IV.1. Analyses physico-chimiques .....	24
IV.1.1. Détermination de la teneur en eau .....	24
IV.1.2. Détermination du pH .....	25
IV.1.3. Taux de cendres .....	26
IV.1.4. Détermination de l'acidité titrable .....	27
IV.1.5. Taux de Brix .....	29
IV.2. Analyses phytochimiques.....	30
IV.2.1. Teneurs en polyphénols totaux .....	30
IV.2.2. Teneurs en flavonoïdes .....	32
IV.2.3. Teneurs en bétalains .....	33
IV.2.4. Teneurs en caroténoïdes.....	34
IV.2.5. Activité antioxydante.....	35
IV.2.5.1. Test du pouvoir réducteur .....	35
IV.2.5.1. Test utilisant le radical DPPH* .....	38
IV.3. Analyses microbiologiques .....	39
IV.5. Analyses sensorielles.....	40
IV.5.1. Test du plan d'expérience .....	40
IV.5.2. Caractérisation du produit.....	40
IV.5.3. Pouvoir discriminant par descripteur .....	41
IV.5.4. Moyennes ajustées par produit .....	41
IV.5.5. Analyse en composantes principales .....	42
IV.5.6. Classification ascendante hiérarchique .....	43

IV.5.7. Cartographie externe de préférence (PREFMAP) .....	45
Conclusion et Perspectives.....	46
Références bibliographique	
Annexes	
Résumé	

## Liste des abréviations

**Abs** : Absence.

**AFNOR** : Association Française de Normalisation.

**BCPL** : bouillon lactosé au pourpre de bromocrésol.

**D.S.A.S.I.** Statistiques agricoles et des systèmes d'information.

**DPPH** : 1,1- diphényl-2-picrylhydrazyl.

**EAG**: Equivalent acide gallique.

**Flav** : Flavonoïdes.

**FTAM** : Flor Total Aérobic Mésophile.

**HCl** : Chlorure d'Hydrogène.

**IC50** : Concentration d'Extrait inhibant 50% de radicaux.

**I.T.C.M.I** : Institut technique des cultures maraichères et industrielles.

**J.B** : Jus de Betterave.

**J.B.O** : Jus Betterave et Orange.

**J.C** : Jus de Carotte.

**JORA** : Journal Officiel de la République Algérienne.

**MS** : Matière sèche.

**NaOH** : Hydroxyde de sodium.

**NPP** : Nombre le plus probable.

**PCA** : Plate Count Agar.

**pH** : potentiel d'Hydrogène.

**PT** : Polyphénols.

**UFC** : Unité Formant Colonie.

**UHT** : Ultra Haute Température.

**Y.B** : Yaourt Betterave et orange.

**Y.C** : yaourt carotte.

**YN** : Yaourt Nature.

**Produit A** : yaourt nature.

**Produit B** : yaourt carotte.

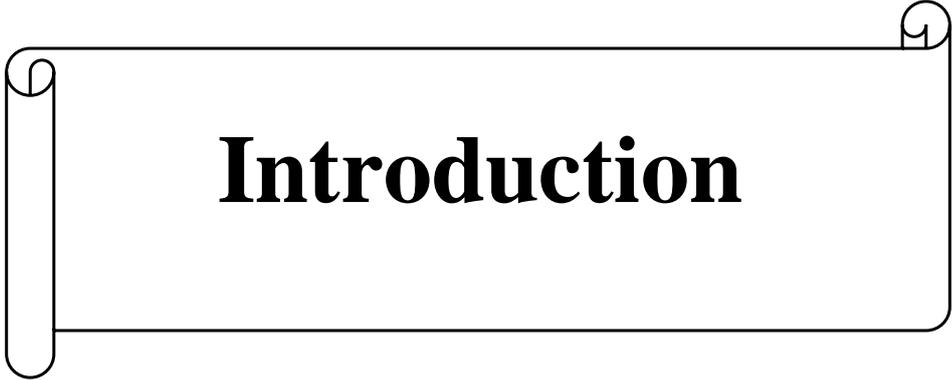
**Produit C, D, E** : yaourts betterave.

## Liste des figures

Figure 1: Photographie de la betterave .....	2
Figure 2: Structure de base des bétalains .....	4
Figure 3 : Photographie de la carotte .....	5
Figure 4: photographie de la betterave (A) et de la carotte (B).....	12
Figure 5:Diagramme de fabrication de deux yaourts brassés à base de jus de betterave et de jus de carotte.....	13
Figure 6: Mécanisme réactionnel de réduction du radical DPPH• .....	20
Figure 7: Taux d'humidité des échantillons analysés .....	24
Figure 8: le pH des différents échantillons analysés.....	25
Figure 9: le taux de cendres des différents échantillons étudiés .....	26
Figure 10: Acidité titrable des différents échantillons analysés.....	28
Figure 11:Taux de Brix.....	29
Figure 12: Teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons étudiés.....	30
Figure 13: Teneurs en flavonoides des différents échantillons étudiés .....	32
Figure 14: Teneurs en bétalains des différents échantillons analysés.....	33
Figure 15: Teneurs en caroténoïdes.....	34
Figure 16: Pouvoir réducteur des deux yaourts analysés.....	36
Figure 17: le pouvoir réducteur des différents échantillons analysés .....	37
Figure 18: Les IC50 du pouvoir réducteur des différents échantillons analysés .....	37
Figure 19: Les IC50 du DPPH pour les différents échantillons analysés.....	38
Figure 20: pouvoir discriminant par descripteur.....	41
Figure 21: Corrélation entre les variables (a) et les factures (b).....	43
Figure 22: Profil de différentes classes criées.....	44
Figure 23: Courbe de niveau et carte des préférences .....	45

## Liste des Tableau

Tableau I: Composition et Valeur nutritionnelle de la betterave rouge.....	3
Tableau II: Composition chimique de la carotte. ....	6
Tableau III: Composition du yaourt .....	8
Tableau IV: mode operatoire du test de DPPH* .....	21
Tableau V: Résultats des analyses microbiologiques des différents échantillons .....	39
Tableau VI: Evaluation du plant d'experiencest .....	40
Tableau VII: moyennes ajustées par produit.....	42



# **Introduction**

## **Introduction**

Les laits fermentés sont des aliments de grande consommation, spécialement par certaines populations orientales (Asie et Europe centrale) (**Jeantet et al., 2008**).

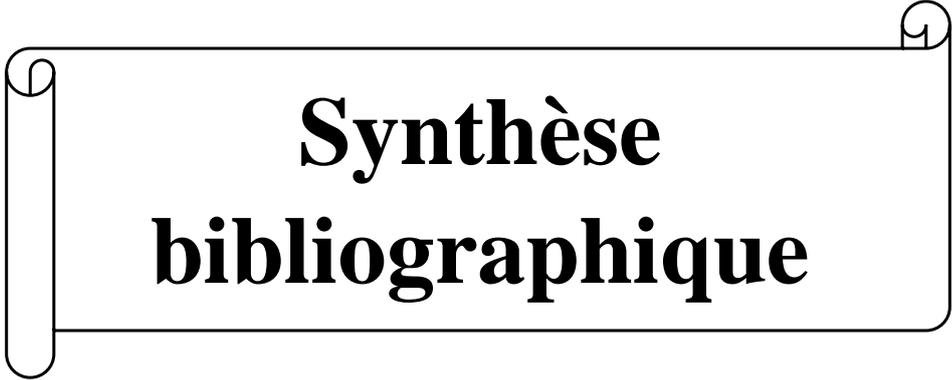
Parmi ces laits fermentés, le yaourt qui est un produit laitier populaire qui fournit des quantités importantes de substances nutritives. Il a été associé à une large gamme d'effets positifs sur la santé. La qualité sensorielle du yaourt est l'un des facteurs les plus importants qui influence sur le choix des consommateurs (**Fernanda et al., 2013**).

Dans le marché, sont présentés divers types de yaourts qui sont supplémentés de différents ingrédients repartis en fruits et légumes secs. Parmi ces ingrédients, les fraises, les cerises et tant d'autres. Un yaourt aux fruits est fait en ajoutant des morceaux de fruits, ou des ingrédients à base de fruits comme les confitures, les gelées, les boissons et les sirops (**Vahedi et al., 2008**).

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail qui vise à élaborer deux yaourts brassés, l'un à base de jus de betterave et l'autre à base de jus de carotte. Le choix de ces deux légumes pour l'enrichissement de ces yaourts revient à leurs richesses en éléments nutritives et antioxydants. Ces deux légumes présentent des effets thérapeutiques intéressants, notamment la réduction du risque d'obésité, du diabète et des maladies cardio-vasculaires pour la betterave, et la richesse de la carotte en fibres qui peut régulariser le transit intestinal, lutter contre la constipation lors de la paresse intestinal. De plus, leurs pigments permettent de donner une couleur aux yaourts, évitant ainsi l'ajout de colorants industriels qui portent préjudices à la santé du consommateur.

Cette étude est divisée en deux parties :

- ❖ Une synthèse bibliographique comportant des généralités sur la betterave, la carotte et le yaourt ;
- ❖ Une étude expérimentale visant tout d'abord à formuler deux yaourts enrichis, l'un de jus de betterave et l'autre de jus de carotte. Ensuite la caractérisation physico-chimique, phytochimique et microbiologiques des jus utilisés et des deux yaourts formulés, suivi par une évaluation sensorielle de ces derniers.



**Synthèse  
bibliographique**



# Chapitre I

## Chapitre I : Généralités sur la betterave et la carotte

### I.1. Betterave

#### I.1.1. Description botanique

La betterave (*Beta vulgaris*) est une plante herbacée bisannuelle. Elle possède plusieurs variétés de couleurs allant du jaune au rouge ; la betterave rouge étant la plus consommée par l'Homme (**Bhupinder et al., 2014**). Sa racine est presque complètement enfouie dans le sol, elle est de forme conique et parcourue par deux sillons (**Alfa-Arzate, 2005**). Ses feuilles sont pétiolées, lisses, de forme allongées, disposées en rosette à la base et se répartissent le long de la tige. Ses fleurs de couleur verdâtres ou mauves, sont rassemblées en épis longs, étroits et feuillés (**Figure 1**).



**Figure 1:** Photographie de la betterave (**Neelwarne, 2012**).

#### I.1.2. Classification

Selon **Deshmukh et al. (2018)**, la betterave rouge est classée comme suite :

**Règne :** Plantae

**Sous -règne :** Tracheobionta

**Super-Division :** Spermatophyta

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous-classe :** Caryophyllidae

**Ordre :** Caryophyllales

**Famille :** Chenopodiaceae

**Genre :** *Beta*

**Espèce :** *Beta vulgaris*

### I.1.3. Origine et production

La betterave est un légume-racine originaire des zones littorales tempérées d'Eurasie. Les principaux producteurs sont la France, les Etats-Unis, la Turquie, l'Ukraine et la Pologne (**Gúlistan et al., 2007**). La production mondiale est de 32% en Méditerranée, soit un total de 80 millions de tonnes environ. La France occupe la première place avec une production de 13%. L'union européenne couvre 51% de la production mondiale (**Abis et Giove, 2007**).

En Algérie, les régions où est cultivé la betterave rouge sont : Alger (Htatba), Boumerdès (KhmisEl Khechena), Sétif (Ain Oulman), Blida, M'scila et Boussaâda.

### I.1.4. Composition chimique et valeur nutritionnelle

La betterave rouge est une source d'énergie grâce à sa richesse en glucides. Les fibres, moyennement abondantes, sont constituées à la fois de cellulose et d'hémicellulose. Les protéines, les lipides et les autres constituants énergétiques ne sont présents qu'en très faibles quantités voire des traces. Elle contient aussi de nombreuses vitamines particulièrement du groupe B et C. Elle est aussi pourvue de minéraux et d'oligo-éléments tels que le potassium, le magnésium, le calcium, le fer et le phosphore (**Medkouret al., 2017**) (tableau I).

**Tableau I:** Composition et valeur nutritionnelle de la betterave rouge (**Deshmukh et al., 2018**).

Constituant	Teneur
<b>Eau (g/100g)</b>	<b>88</b>
<b>Protéines (g/100g)</b>	<b>1,61</b>
<b>Lipides (g/100g)</b>	<b>0,17</b>
<b>Glucides (g/100g)</b>	<b>9,56</b>
<b>Calories (kcal/100g)</b>	<b>43</b>
<b>Fibres (mg/100g )</b>	<b>2,8</b>
<b>Potassium (mg/100g)</b>	<b>325</b>
<b>Ca (mg/100g)</b>	<b>16</b>

La betterave est riche en composés bioactifs tels que les caroténoïdes, les saponines, les folates, les polyphénols et les flavonoïdes (Bhupinder et al., 2014). Elle est classée parmi les légumes ayant un pouvoir antioxydant élevé grâce à sa teneur en polyphénols totaux (50-60 $\mu$ mol/g) (Vinson et al., 1998 ; Kähkönen et al., 1999). Ce légume est considéré comme une source de pigments azotés, appelés les bétalains qui sont de puissants anti-radicalaires. Ces pigments comprennent deux groupes principaux: les bétalains de couleur rouge et les bétaxanthines de couleur jaune (Pedreno et Escibano, 2001). Les bétalains sont des pigments hydrosolubles (Vergara et al., 2014).

La structure de base des bétalains est présentée dans la figure 2.

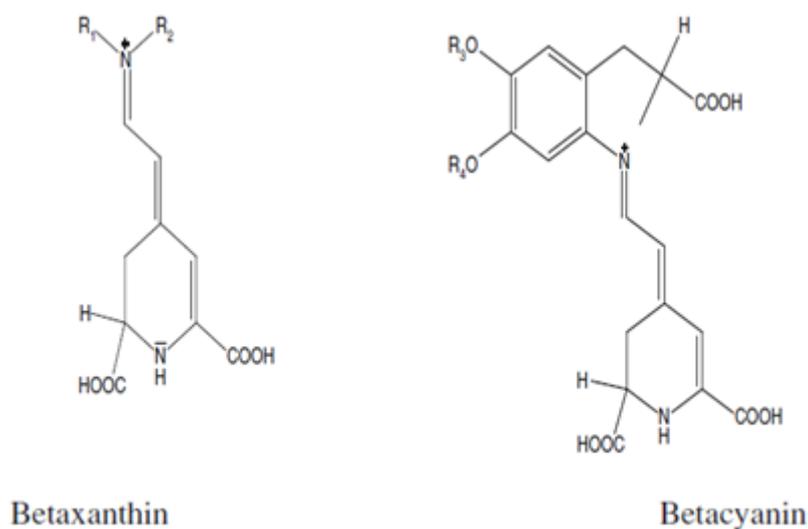


Figure 2: Structure de base des bétalains (Neelwarne, 2012).

### I.1.5. Intérêts et rôles

La consommation de la betterave réduit le risque d'obésité, de diabète et des maladies cardio-vasculaires (Kumar et al., 2016). Ce légume est également utilisé pour le traitement contre le cancer (Chevallier, 1996). Sa richesse en antioxydants préserve contre le vieillissement des cellules, tandis que celle en fibres diététiques luttent contre la maladie des coronaires, les calculs biliaires, l'appendicite et les hémorroïdes (Leontowicz et al., 2001).

Cette plante est également utilisée comme colorant naturel pour les aliments (Ninfali et al., 2007).

## I.2. Carotte

### I.2.1. Description botanique

La carotte (*Daucus carota*) est une plante bisannuelle des climats tempérés (Downie et Katz-Downie, 1996). Elle est cultivée pour sa racine pivotante et charnue. Cette racine est généralement de couleur orangée et est consommée comme légume. La carotte est une plante de taille moyenne (0,6 à 2 m au moment de la floraison). Ses feuilles sont minces, souvent mates, avec un pourtour triangulaire. Ses fleurs blanches, de petite taille, sont regroupées en ombelles regroupé en une urne. Les fruits sont des diakènes (Lecomte, 2013)

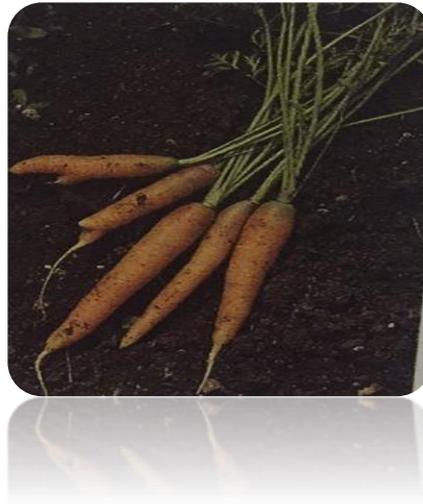


Figure 3 : Photographie de la carotte (Couplan, 1998).

### I.2.2. Classification

Selon (Anonyme 2), la carotte est classée comme suite :

**Règne :** Plantae

**Sous-règne :** Tracheobionta

**Division :** Magnoliophyta

**Classe :** Magnoliopsida

**Sous-classe :** Rosidae

**Ordre :** Apiales

**Famille :** Apiaceae

**Genre :** *Daucus*

**Espèce :** *Daucus carota*

### I.2.3. Origine et production

La carotte sauvage se trouve partout en Europe, en Amérique du Nord, en Asie centrale et occidentale, et en Afrique du Nord (Ashworth, 2002). La carotte cultivée est présente dans toutes les zones tempérées du monde (Downie et Katz-Downie, 1996). La production mondiale de la carotte est en progression, elle a atteint 37,23 millions de tonnes en 2013 sur une superficie d'environ 1,2 millions d'hectares à travers le monde (FAO, 2005). En Algérie, la production de la carotte est très répandue dans les régions du littoral (Alger, Boumerdès et Mostaganem), les hauts plateaux (M'sila, Oum el bouaghi et Sétif) et le sud (Adrar, Biskra, Ghardaïa et El-oued) (I.T.C.M.I., 2010). En 2016/2017, la production de la carotte au niveau de Bejaia a atteint 1340 quintaux, cultivés sur une superficie de 12 hectares (D.S.A.S.I., 2017).

### I.2.4. Composition et valeur nutritionnelle

La carotte constitue une importante source de vitamines (notamment A, B1, B2, B6, B12 et C), de minéraux, de phyto-nutriments, de sucres, de fibres (Akyolet *al.*, 2006), et de composants bioactifs tels que les caroténoïdes avec une teneur élevée en  $\beta$ - carotène et lycopène (Ross *et al.*, 2009). La carotte contient également différents composés tels que les composés phénoliques comme l'hydroxycinnamique et ses dérivés en quantités significatives (Zhang et Hamauzee, 2004), des polyacétylènes dont le falcarinol, le falcarindiol et le falcarindiol-3-acétate (Kjellenberg, 2010) (tableau II).

**Tableau II:** Composition chimique de la carotte (Maiani *et al.*, 2009 ; Fokone et Edoun, 2013).

Constituant	Quantité
<b>Eau</b>	<b>80-90 g</b>
<b>Glucides</b>	<b>6.6 g</b>
<b>Protéines</b>	<b>0.98 g</b>
<b>Lipides</b>	<b>0.3 g</b>
<b>Caroténoïdes</b>	<b>4350-8840 <math>\mu</math>g</b>
<b>Acide ascorbique</b>	<b>4 mg</b>
<b>Cendres</b>	<b>0.78 g</b>

**I.2.5.Intérêts et rôles**

La carotte étant riche en fibres, peut régulariser le transit intestinal, luttant ainsi contre la constipation et peut agir contre la diarrhée. En effet, ses fibres possèdent un fort pouvoir de rétention d'eau. Selon des études réalisées aux Etats-Unis d'Amérique, la consommation de carotte peut faire chuter le taux de cholestérol de 11%, et cela grâce aux pectines qui la composent qui ont une action séquestrante sur les sels biliaires et les acides gras. Grâce à sa richesse en provitamine (A), ce légume intervient dans le bon état de la peau, des muqueuses et de la vision crépusculaire (**Journal de Pédiatrie et de Puériculture, 1994**)



## **Chapitre II**

## Chapitre II : Généralités sur le yaourt

### II.1. Définition

Le yaourt ou yoghourt est un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbruecki bulgaricus* et de *Streptococcus thermophilus* à partir du lait frais ou du lait pasteurisé (concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec), avec ou sans addition de lait en poudre, poudre de lait écrémé, etc. Les microorganismes du produit fini doivent être viables et abondants (Urbain, 2016).

### II.2. Composition du yaourt

Le yaourt est un aliment prédigéré qui contient beaucoup de nutriments comme les glucides, les protéines, les lipides, les minéraux et les vitamines. Le tableau III rapporte les valeurs des différents composants dans 100 g du yaourt (Anonyme 3).

Tableau III: Composition du yaourt (Anonyme 3)

Valeur nutritionnelle pour 100 g	
<b>Protéines</b>	4,73 g
<b>Lipides</b>	2,79 g
<b>Glucides</b>	6,68 g
<b>Eau</b>	84,73 g
<b>Énergie (kcal)</b>	71 Kcal

Minéraux et oligo-éléments	
<b>Potassium</b>	227,5 mg
<b>Phosphore</b>	136 mg
<b>Calcium</b>	161,01 mg
<b>Sodium</b>	61,19 mg
<b>Magnésium</b>	15,7 mg
<b>Fer</b>	0,05 mg
<b>Zinc</b>	0,77 mg
<b>Cuivre</b>	0,009 mg
<b>Sélénium</b>	2,2 µg

Vitamines assimilés	
Vitamine A et provitamine A	17 µg
Rétinol	14,43 µg
Bêta-carotène	30,54 µg
Vitamine B1 (thiamine)	0,054 mg
Vitamine B2 (riboflavine)	0,23 mg
Vitamine B3 ou PP (niacine ou acide nicotinique)	0,075 mg
Vitamine B5 (acide pantothénique)	0,437 mg
Vitamine B6 (pyridoxine)	0,056 mg
Vitamine B9 (folates)	11,8 µg
Vitamine B12 (cobalamines)	0,566 µg
Vitamine D	0,1 µg
Vitamine E (tocophérols)	0,05 mg

### II.3. Intérêt nutritionnel

En tant qu'aliment riche en nutriments, le yaourt contribue à satisfaire les recommandations quotidiennes en macronutriments et micronutriments du consommateur, il est considéré comme un produit « bon pour la santé » (Noblet, 2012).

En outre de ses caractéristiques organoleptiques, le yaourt a des bienfaits nutritionnels nombreux :

- Il possède une composition en micronutriments similaire au lait, généralement avec une bonne biodisponibilité (Anonyme 3) ;
- C'est une bonne source de calcium nécessaire à la minéralisation des os et des dents tout au long de la vie (Anonyme 3) ;
- Il permet la digestion du lactose par les ferments vivants et offre une meilleure assimilation (Bourlioux et al., 2011) ;
- Il permet d'accélérer les transits lents et il donne une amélioration du confort intestinal (Bourlioux et al., 2011) ;
- Le yaourt et les laits fermentés augmentent la stimulation bactérienne de l'immunité mucoale dans les premiers mois de la vie (Bourlioux, 2011) ;
- La plus part des souches de *Lactobacillus* contenus dans le yaourt sont capables d'élaborer des substances ayant un pouvoir antibiotique (Syndifrais, 1997).

## II.4. Caractéristiques générale des bactéries lactiques

Le groupe des bactéries lactiques réunit plusieurs genres qui ont une capacité à fermenter les glucides en acide lactique (Axelsson *et al.*, 2004 ; Savadogo et Traore, 2011). Ce sont des bactéries Gram positif qui ont une forme cocci ou bâtonnet, non sporulés et généralement immobiles (Axelsson *et al.*, 2004). Les bactéries lactiques ne possèdent ni nitrate réductase, ni catalase, ni cytochrome oxydase (Tailliez, 2001). La production d'acide lactique par les bactéries lactiques conduit à un abaissement important du pH du lait (Nguyet, 2008), ce qui déstabilise les micelles de caséines et mène à la formation d'un gel (Lamontagne *et al.*, 2002).

### II .4.1. *Lactobacillus bulgaricus*

*Lactobacillus delbrueckii ssp bulgaricus* est une bactérie thermophile, à coloration Gram positive et catalase négative, en forme de bâtonnets (Giovanna et Dellaglio, 2015), immobile et homofermentaire stricte. Elle est très exigeante en calcium et en magnésium, et sa température optimale de croissance est d'environ 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques du yaourt (Marty-Teyssset *et al.*, 2000).

### II .4.2. *Streptococcus thermophilus*

*Streptococcus salivarius ssp thermophilus* est un cocci Gram positif (Thomas *et al.*, 2008), anaérobie facultatif, immobile et son métabolisme est du type homofermentaire (Roussel *et al.*, 1994). Elle est résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (Dellaglio *et al.*, 1994), et sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C (Lamoureux, 2000).

### II.4.3. Protocoopération des bactéries du yaourt

Au cours de la fabrication du yaourt, les deux espèces *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* ont une relation symbiotique. Contrairement à *L. bulgaricus* qui a une évolution constante, *S. thermophilus* croit rapidement grâce aux acides aminés essentiels produits par *L. bulgaricus*. *S. thermophilus* produit l'acide lactique qui abaisse le pH à un niveau optimal pour *L. bulgaricus*, ainsi qu'une faible concentration en acide formique qui stimule la croissance de *L. bulgaricus*. La croissance de *S. thermophilus* se ralentit tandis que *L. bulgaricus* diminue encore plus le pH en produisant l'acide lactique (Accolas *et al.*, 1977).

*S.thermophilus* produit un peu de diacétyl qui donne au yaourt sa texture crémeuse ou saveur beurrée, alors que *L. bulgaricus* produit de l'acétaldéhyde qui aide à donner au yaourt sa saveur vive (Bottazzi et al., 1973, Hess et al., 1997).

Les deux microorganismes produisent de l'acide lactique comme un produit de fermentation principale. Pour un bon développement des arômes, le rapport de *S. thermophilus* à *L. bulgaricus* devrait être dans la gamme de 1: 1 à 3: 1 (Lynda et David, 2017).

## II .5. Technologie du yaourt

Au cours des cinquante dernières années, la diversité des laits fermentés a augmenté considérablement, compte tenu de l'apparition de souches bactériennes nouvelles, utilisées seules ou en association (annexe IV).

Du point de vue technologique, les procédés de fabrication industriels actuels sont néanmoins homogènes, tous issus de la fabrication du yaourt classique en pot, également appelé « yaourt ferme » ou « yaourt étuvé ». Les étapes sont brièvement les suivantes :

- Préparation du lait préalablement standardisé (ajustement du taux de matières grasses, enrichissement en matière sèche sous forme de lait en poudre), pasteurisation, puis refroidissement autour de 40°C ;
- Préparation des ferments servant d'inoculum (le *starter*, ou levain), en respectant les proportions optimales entre les souches de bactéries ;
- Introduction dans le lait de l'inoculum, puis addition d'éventuels arômes et colorants alimentaires ;
- Répartition du mélange dans les pots qui sont immédiatement thermo-scellés et conditionnés sur des palettes pour le yaourt étuvé ;
- Fermentation en étuve a une température de 42 à 44°C pendant une durée généralement courte si les ferments sont en quantité optimale (environ trois à cinq heures) ;
- Refroidissement généralement en tunnel, puis stockage et maintien à 4°C jusqu'au rayon du distributeur (Bourlioux et al., 2011).



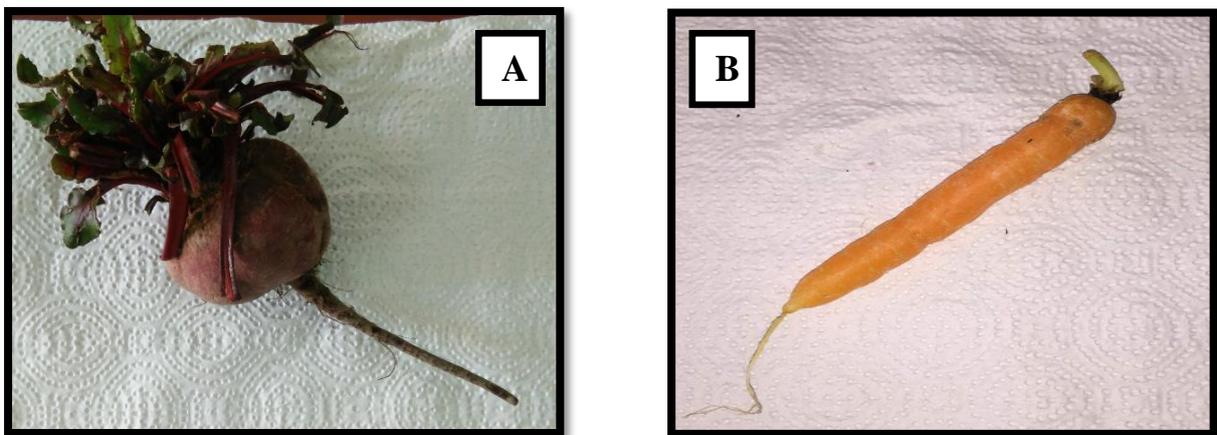
**Matériel et  
méthodes**

## Chapitre III : Matériel et méthodes

### III.1. Matériel

#### III.1.1. Description du matériel végétale

La betterave (*Beta vulgaris*) et la carotte (*Daucus carota*) sont des légumes-racines. Le premier est de couleur rouge-violette, de forme ronde et ayant un pivot long et fin. Le second possède une racine pivotante charnue, mesurant environ une dizaine de centimètre de long, de couleur orangée figure 4.



**Figure 4:** Photographie de la betterave (A) et de la carotte (B).

#### III.1.2. Récolte des échantillons

Les échantillons de betterave et de carotte fournis deux fois dans la semaine, ont été achetés du marché Edimco et sont originaire de la wilaya de Sétif d'après le marchand. Cette wilaya étant située à 119,13 Km du chef-lieu de la wilaya de Bejaia.

### III.2. Méthodes

Ce travail a porté d'abord sur l'élaboration de deux types de yaourts brassés, l'un à base de jus de betterave et l'autre à base de jus carotte, ensuite sur l'étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles de ces deux yaourts. En parallèle, la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydante des jus et des yaourts formulés à base de ces derniers sont été déterminées. Les échantillons analysés sont : le jus de betterave (JB), le jus de betterave-orange (J.B.O), le jus de carotte (J.C), le yaourt à base de jus de betterave-orange (YB) et le yaourt à base de carotte (YC).

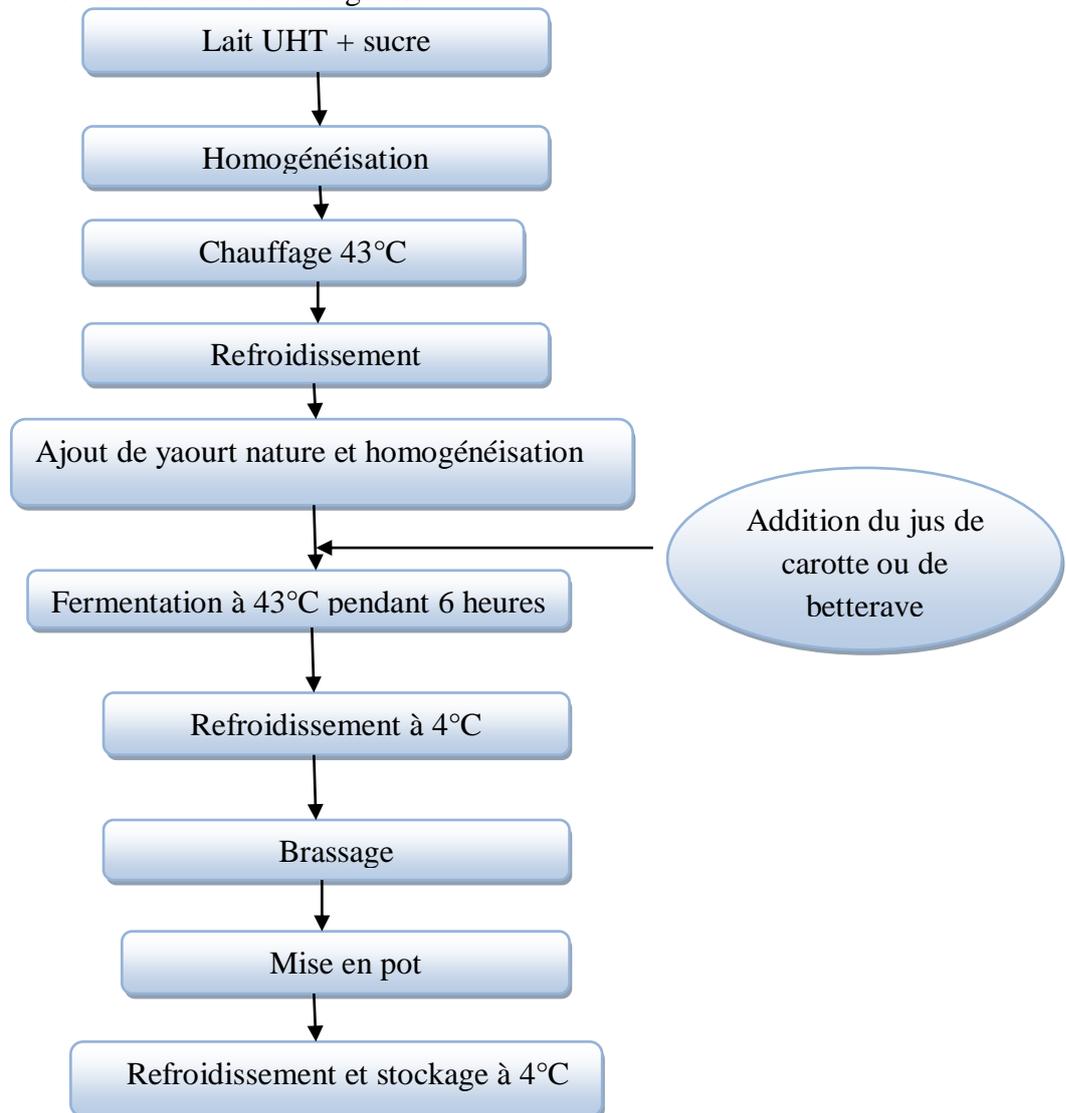
### III.2.1. Fabrication des yaourts

La préparation des yaourts a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia, tout en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec l'ajout du jus de betterave et de carotte.

Les ingrédients utilisés pour la préparation de ces yaourts sont :

- Le lait Candia UHT
- Le lait en poudre
- Du yaourt nature
- Le sucre cristallisé

Les étapes de fabrication d'un yaourt non aromatisé et d'un yaourt à base de jus de betterave ou carotte sont résumées sur la figure 5.



**Figure 5:** Diagramme de fabrication de deux yaourts brassés à base de jus de betterave et de jus de carotte.

Les volumes de jus de betterave ou de carotte ajoutés ont été déterminés après plusieurs essais et séances de dégustation.

### III.2.2. Analyses physico-chimiques

#### III.2.2.1. Détermination de la teneur en eau

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

La teneur en eau présente dans les différents échantillons (carotte, betterave et leur jus, le mélange betterave/orange, ainsi que les yaourts à base de ces derniers) a été déterminée comme suit : 1 g de chaque échantillon a été pesé dans des béchers en verre, puis placés à l'étuve à 105°C jusqu'à ce que le poids soit stable (NF V 18-109, 1982).

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

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

Soit,

**H**: Humidité (%).

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

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

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

#### III.2.2.2. Mesure du pH

- **Principe**

La détermination de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans un échantillon est la base pour déterminer le pH de ce dernier. Cette analyse est réalisée dans le but de déterminer l'aptitude de quelques aliments à la conservation (Norme AFNOR V 05-108).

- **Mode opératoire**

La sonde du pH-mètre est immergée directement dans chaque échantillon (jus orange + betterave, jus carotte, jus betterave, yaourt nature, yaourt betterave, yaourt carotte), ensuite la valeur du pH est directement affichée sur l'écran du pH-mètre.

### III.2.2.3. Détermination de la teneur en cendres

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

Le taux de cendres a été déterminé comme suite :

1 g de chaque échantillon a été mis dans des creusets en porcelaine, ces derniers sont ensuite placés dans un four à moufle à 900°C pendant 1h:30 min. Le taux de minéraux est calculé selon la formule suivante:

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

Tels que,

**Cd**: Teneur en cendres (%).

**M1** : Masse du creuset + cendres (g).

**M2** : Masse du creuset vide (g).

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

### III.2.2.4. Mesure de l'acidité titrable

- **Principe**

Elle correspond à la quantité d'acide lactique contenu dans le yaourt, ou à la quantité d'acide citrique contenu dans le jus. Pour la déterminer, un titrage acido-basique des yaourts et des jus analysé sa été réalisé en utilisant une solution basique d'hydroxyde de sodium (NaOH)(NF V 04-385,1971).

- **Mode opératoire**

10 mL d'eau distillée ont été ajoutées à 5 g des échantillons suivants : yaourt à base de jus de carotte, celui à base de jus de betterave et le yaourt naturel, et aussi les trois différents jus. Après cela, deux à trois gouttes de phénolphaléine ont été également ajoutées, puis le mélange est titré avec une solution de NaOH (1N) jusqu'au virage de la couleur vers un rose qui persiste quelques secondes (NF V 04-206, 1969).

Selon qu'il s'agit d'un jus ou d'un yaourt, l'expression des résultats est différente. Pour les yaourts, la formule utilisée est comme suit :

$$Ac = C_b \times N \times f \times M / m$$

Avec,

**C<sub>b</sub>** : Chute de burette (mL);

**N** : Normalité de la solution de NaOH (1N) ;

**f**: Facteur de correction (1) ;

**M** : Masse molaire de l'acide lactique (90g/mol) ;

**m** : Masse de l'échantillon (5g).

Pour ce qui est des jus, les résultats sont exprimés selon la formule suivante :

$$AT \text{ (g/100mL)} = \frac{(C_b) (N) (\text{meq.wt.}) (100)}{(1000) (v)}$$

Avec,

**AT** : Acidité titrable ;

**C<sub>b</sub>** : Chute de burette de la solution NaOH (mL) ;

**N** : Normalité de la solution de NaOH (1 N) ;

**meq.wt**: Coefficient du standard (64) pour l'acide citrique.

### III.2.2.5. Détermination du degré Brix

- **Principe**

Le degré Brix est traduit comme étant la teneur en sucre exprimé en gramme (g) dans 100g d'échantillon (Smati et al., 2017), par conséquent le taux de matière sèche soluble que contient une solution. Ce paramètre est défini par un appareil qui est le réfractomètre qui mesure l'indice de réfraction (Reid, 2003).

- **Mode opératoire**

La lecture a été faite à l'aide d'un réfractomètre, et cela en déposant simplement une goutte de jus ou de yaourt sur la surface du prisme, puis le deuxième prisme est placé sur le premier. Face à une source lumineuse, la valeur est directement lue à travers l'œil de l'appareil (Witherspoon et Jackson, 1995).

### III.2.3. Analyses phyto-chimiques

#### III.2.3.1.Extraction

Ce sont les jus de betterave, de carotte et du mélange betterave-orange qui présentent les extraits sur lesquels les différents tests phyto-chimiques ont été réalisés. Ces jus ont été obtenus au moyen d'une râpe et de compresses stériles, puis stockés dans des flacons au réfrigérateur à 4°C à l'abri de la lumière.

Concernant les yaourts, la méthode d'extraction utilisée est celle de **Zainoldin (2009)** avec quelques modifications. 10g de chaque échantillon de yaourt ont été pesés, puis 2.5 mL d'eau distillée lui ont été ajoutés. Ces derniers ont été mis sur une plaque agitatrice pour bien les homogénéiser. Ensuite, le pH de la solution est ajusté à 4 avec une solution d'HCl (1N), suivie d'une incubation à 45°C pendant 10 minutes, le mélange est centrifugé à 3000 tour/min pendant 40min. Le pH du surnageant obtenu est ajusté à 7 avec une solution de NaOH (1N), suivie d'une deuxième centrifugation à 3000 tour/min pendant 40 min, le surnageant récupéré sera utilisé pour les éventuelles analyses.

#### III.2.3.2. Dosage des polyphénols totaux

- **Principe**

Les composés phénoliques sont généralement oxydés par le réactif de Folin-Ciocalteu. Les constituants de ce dernier, qui sont l'acide phosphotungstique ( $H_3PW_{12}O_{40}$ ) et l'acide phosphomolybdique ( $H_3PM_{12}O_{40}$ ), sont réduits en un mélange d'oxydes bleus de tungstène ( $W_8O_3$ ) et de molybdène ( $MO_8O_3$ ). La présence de carbonate de sodium rend le milieu légèrement alcalin qui se traduit par une coloration bleu foncé (**Vuorela,2005**).

- **Mode opératoire**

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

La concentration en composés phénoliques totaux est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec l'acide gallique (**annexe I**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent acide gallique par 100 gramme de matière sèche (mg EAG/100g MS).

### III.2.3.3. Dosage des caroténoïdes

- **Principe**

Les caroténoïdes sont des composés terpéniques très importants qui sont trouvés dans les légumes et fruits. Leur structure polyène, leur confère un rôle dans l'absorption de la lumière et la neutralisation de l'oxygène singulier (**Mouhammedi, 2006**). La mesure de la teneur en caroténoïdes totaux concerne tous les caroténoïdes sauf le lycopène, qui lui absorbe à une longueur d'onde égale à 470 nm (**Péroumal, 2014**).

- **Mode opératoire**

La teneur en caroténoïdes a été déterminée selon la méthode décrite par **Soto-Zamora et al. (2005)**. Un mélange de solvants (hexane /acétone/ éthanol 5,5/2,5/2) a été préparé, puis 10mL de ce mélange d'extraction ont été ajoutés à 1,5g de chaque échantillon (J.B.O, JC, JB, YC, YB). Le mélange est agité pendant 3 minutes, laissé reposer, puis le surnageant est récupéré. L'opération est répétée plusieurs fois jusqu'à la disparition de la couleur. C'est la phase hexanique qui va servir pour déterminer la teneur en caroténoïdes par la mesure de son absorbance à 450nm.

La concentration en caroténoïdes est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage réalisée avec le  $\beta$ -carotène (**annexe I.2**). Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent  $\beta$ -carotène par 100 gramme de matière sèche (mg E  $\beta$ -carotène/100g MS).

### III.2.3.4. Dosage des flavonoïdes

- **Principe**

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

- **Mode opératoire**

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

La teneur en flavonoïdes des différents extraits a été déterminée à partir d'une courbe d'étalonnage réalisée avec de la quercétine.

Les résultats sont exprimés en milligramme d'équivalent quercétine par 100 gramme de matière sèche (mg EQ/100g MS).

### III.2.3.5. Dosage des bétalains

Les bétalains sont constitués de deux grandes familles à savoir : les bétacyanines et les bétaxanthines, leurs teneurs sont mesurés respectivement à des longueurs d'ondes de 532 nm et 482 nm.

- **Mode opératoire**

La teneur en bétalains a été déterminée selon la méthode de **Khatabi et al. (2013)** qui est décrite comme suite : 1 mL de chaque échantillon a été ajouté à 4 mL de méthanol, puis le mélange a été filtré avec du papier filtre (diamètre de 0.5 µm). Ensuite, la lecture de l'absorbance a été faite à 532 nm pour les indicaxanthines. Pour les bétaxanthines, une dilution (1/4) a été d'abord faite à partir de la première solution avant de faire la lecture à 482 nm.

L'expression des résultats est faite selon la loi de Beer-Lambert :

$$A = \varepsilon .L .C$$

Où,

**C** : Concentration en bétalains ;

**A**: Absorbance de l'échantillon ;

**L** : Chemin optique parcourue (1 cm) ;

**ε** : Coefficient d'extinction molaire (62 000 L. mol<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup> pour les bétacyanines et 48 000 L. mol<sup>-1</sup>.cm<sup>-1</sup> pour les bétaxanthines).

### III.2.3.6. Activité antioxydante

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

#### a. Test au phosphomolybdate d'ammonium

- **Principe**

Le test du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium est basé sur la réduction du molybdate sous la forme Mo<sup>6+</sup> vers la forme Mo<sup>5+</sup> par des substances présentes dans les jus (ou les yaourts) qui sont antioxydantes. Une coloration verte se forme en milieu acide, cela est dû au complexe phosphate-Mo<sup>5+</sup> formé dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (**Bougatef et al., 2009**).



Tableau IV : Mode opératoire du test de DPPH'.

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

### III.2.4. Analyses microbiologiques

Le but des analyses microbiologiques effectuées est d'assurer que les différents échantillons analysés sont de bonne qualité hygiénique.

#### III.2.4.1. Préparation des solutions mères

25 g de chaque produit ont été ajoutés à un volume de 225 mL d'eau physiologique sous des conditions aseptiques.

#### III.2.4.2. Préparation des dilutions décimales

Une série de dilutions ( $10^{-1}$ ,  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ) a été préparée. Dans un tube à essai contenant 9 mL d'eau physiologique, 1 mL de la solution mère a été ajouté pour avoir une dilution  $10^{-1}$ . 1 mL de cette dernière solution, ajouté à 9 mL d'eau physiologique a servi pour préparer la dilution  $10^{-2}$ . Ainsi de suite jusqu'à la dilution  $10^{-4}$ , c'est une dilution en cascade.

#### III.2.4.3. Germes recherchés

##### a. Recherches des coliformes

Les coliformes sont utilisés comme germes indicateurs de contamination fécale. Leur recherche est effectuée dans des aliments transformés et permet de mettre en évidence l'insuffisance du procès ou de mauvaises conditions de fabrication (JORA, 2016).

1 mL de chaque dilution a été introduit dans deux tubes contenant des cloches du Durham et 9 mL du milieu BCPL, chacun est suivi d'une incubation à 37°C pendant 48h. À partir des tubes positifs (production de gaz dans les cloches de Durham), le nombre le plus probable de bactéries coliformes par g de lait fermenté a été déterminé en se référant au tableau NPP (nombre le plus probable) pour trois séries en parallèles (annexe II).

### b. Test confirmatif pour *Escherichia coli*

À partir d'un tube de BCPL positif deux tubes à essai ont été ensemencés, l'un contient 9 mL du milieu BCPL et l'autre contient 9 mL du milieu eau peptonée exempte d'indole. Ces deux tubes sont ensuite incubés à 44°C pendant 24h à 48 h.

La présence d'*E.coli* se traduit par la formation d'un anneau rouge à l'ajout du réactif de Kovacs.

### c. Recherche des levures et moisissures

Les levures et moisissures sont des agents importants de détérioration des aliments acides ou à faible activité d'eau (JORA, 2016).

Une boîte de Pétri contenant le milieu de culture **SABOURAUD** a été ensemencée avec 1 mL de la dilution 10<sup>-1</sup>, suivie d'une incubation à 25°C pendant 3 à 5 jours.

### d. Recherche de la Flore totale aérobique mésophile

À partir de chaque dilution, deux boîtes de Pétri contenant le milieu de culture PCA ont été ensemencées en masse. Ces boîtes ont été ensuite incubées à 37°C pendant 24h.

Seules les boîtes qui ont le nombre de colonies entre 15 et 300 de deux dilutions successives seront retenues. Le comptage des colonies se fait selon la loi suivante :

$$N = \frac{\Sigma c}{(V_{n1} + 0,1n2 d)} \times \text{UFC/g}$$

$\Sigma c$  : Somme des colonies comptées sur toutes les boîtes de Pétri de deux dilutions successives;

V: Volume de l'inoculum appliqué à chaque boîte (mL);

n1: Nombre de boîtes de Pétri retenus à la première dilution;

n2: Nombre de boîtes de Pétri retenus à la deuxième dilution ;

d : Facteur de dilution correspondant à la première dilution retenue.

### **III.2.5. Analyses sensorielles**

L'analyse sensorielle est une technique qui utilise les sens de l'Homme pour connaître et décrire les caractéristiques organoleptiques d'un produit (**anonyme**).

Afin d'évaluer la qualité organoleptique des yaourts élaborés à base de jus de betterave et de carotte, nous avons procédé à une analyse sensorielle. Deux types d'analyses ont été effectués pour cinq échantillons de yaourts qui ont été préparés au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle de l'université de Bejaia :

- Une analyse hédonique qui consiste à évaluer l'appréciation des produits ; cette analyse fait appel à des sujets naïfs. La dégustation a eu lieu au laboratoire d'analyse sensoriel. Les cinq produits à déguster étaient codés et anonymes, et accompagné d'un questionnaire que les dégustateurs devaient remplir (**annexe III**) ;
- Une analyse sensorielle qui consiste à la description des produits. Cette analyse est réalisée par un groupe de dégustateurs plus qualifié (jury expert) qui sont entraînés et sélectionnés pour effectuer des tests sensoriels.

Les résultats des groupes sont récupérés, ensuite analysés de manière fiable grâce au logiciel **XLSTAT version 2014** qui est un logiciel d'analyse de données et de statistiques pour Microsoft Excel.

### **III.2.6. Analyses statistique**

Les écarts types et les moyennes des tests ont été calculés par Microsoft Excel 2007. Une analyse de la variance (ANOVA) a été effectuée pour comparer les différents résultats pour les échantillons avec le logiciel Statistica 5.5 et les valeurs  $P$  inférieures à 0,05 ont été considérées comme significatives.

A decorative border resembling a scroll, with a vertical line on the left and a horizontal line on the top and right, all with rounded ends and small loops at the corners.

# **Résultats et discussion**

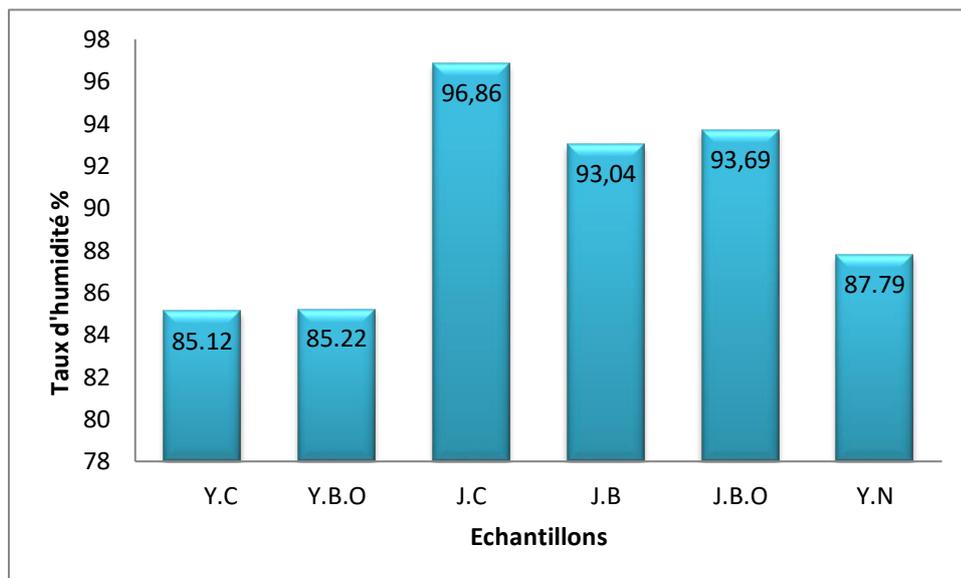
## Chapitre IV : Résultats et discussion

### IV.1. Analyses physico-chimiques

#### IV.1.1. Détermination de la teneur en eau

L'eau est le constituant le plus abondant dans les aliments, et qui joue un rôle central en agroalimentaire du fait que la teneur en eau des aliments est directement corrélée avec leur durée de conservation (Faiveley, 2012).

La teneur en eau contenue dans les légumes et les fruits est généralement comprise entre 75-95 % du poids total, cette dernière a une grande importance car elle contribue à l'apport hydrique du corps humain (Lecerf, 2018). Les résultats du test d'humidité sont portés dans la figure 7.



**Figure 7:** Taux d'humidité des échantillons analysés (**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O** : Jus de betterave-orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte).

La figure 7 montre que le jus de carotte présente la teneur en eau la plus élevée avec une valeur de 96,86 %. Il faut également noter qu'il n'y a pas de différence entre la teneur en eau contenue dans le jus de betterave et celle du jus betterave-orange qui sont respectivement de 93,04% et 93,69 %. Ces résultats ne sont pas loin de ceux rapportés par Olalude et al. (2015) qui ont trouvé un taux d'humidité de  $91 \pm 0,265$  % dans le jus de

carotte, et de ceux cités par **Emelike et al.(2015)** qui ont trouvé un taux de 91% d'eau dans le jus de betterave.

Cette petite différence pourrait être dû à plusieurs facteurs tels que la répartition géographique, la période de la récolte, l'âge et la fraîcheur de la plante, la méthode d'extraction du jus et la variété étudiée.

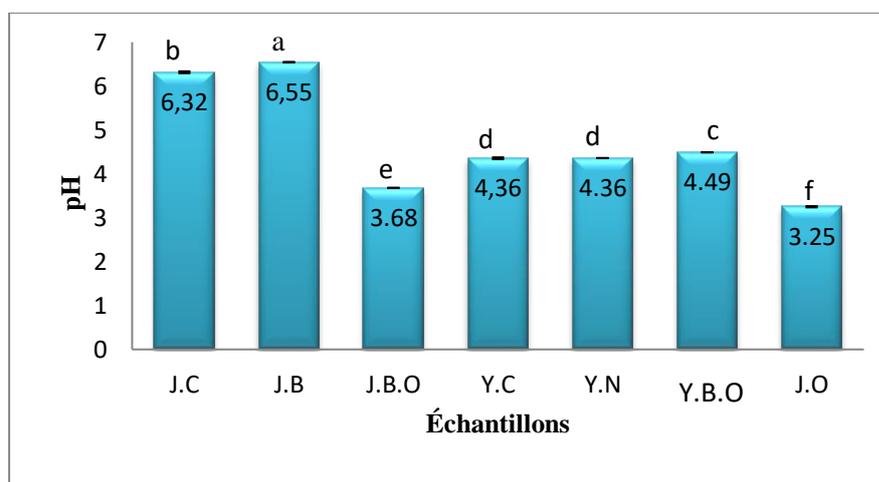
D'après la figure 7, les taux d'humidité des yaourts à base de jus de betterave-orange et de jus de carotte sont respectivement de 85.22 % et 85.12 %. Ces valeurs sont incluses dans l'intervalle rapporté par **Dhineshkumar et Ramasamy (2016)**, qui est situé entre  $62,09 \pm 0.4$  et  $91.08 \pm 1.6$  %, dans leur étude sur des échantillons de yaourt à base de jus de betterave préparés à différents concentrations.

Dans une autre étude menée par **Bourlioux et al. (2011)**, la teneur en eau dans des yaourts et des laits fermentés varie de 80 à 90%. Cette valeur est proche de celle trouvée dans ce présent travail (87,79%) pour le yaourt nature.

#### IV.1.2. Détermination du pH

Le pH est un paramètre physico-chimique qui inhibe la prolifération de la flore microbienne et déterminant l'aptitude des aliments à la conservation (**Giddey, 1982**).

Les résultats de ce test sont présentés dans la figure 8.



**Figure 8** : pH des différents échantillons analysés (**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O**: Jus de betterave-orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte, **Y.N** : Yaourt nature). Les lettres a, b, c, d, e et f indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

La figure 8 montre que les valeurs de pH les plus élevées sont celles du J.B ( $6,55 \pm 0,01$ ) et du J.C ( $6,32 \pm 0,02$ ). Ces résultats sont différents de ceux obtenus par **Emelike et al. (2015)**, qui ont trouvé une valeur de pH de 7,1 pour le jus de betterave, et aussi **Olalude et al. (2015)** qui ont rapporté une valeur de 6,23 pour le jus de carotte. **Banigo et al. (2015)** ont trouvé que le jus de betterave et le jus de carotte ont un pH compris entre 5,59 et 6,42.

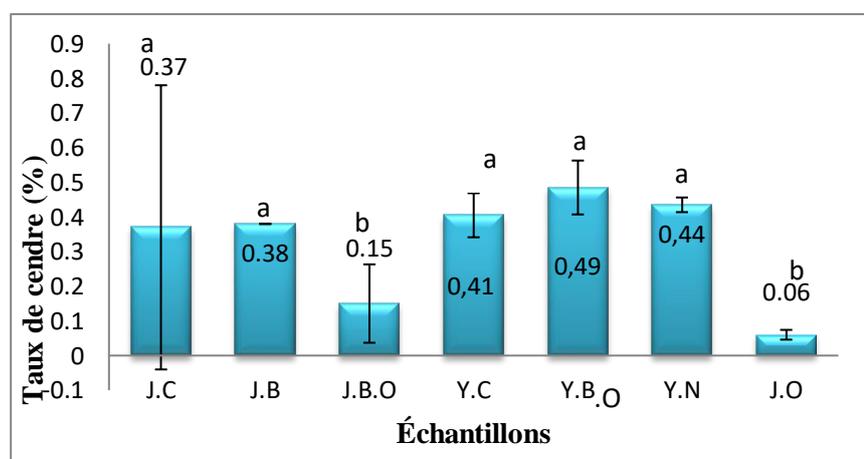
Cette étude montre que le J.B.O présente un pH acide avec une valeur de 3,68. Cela pourrait être dû à l'ajout du jus d'orange qui a un pH égale à  $3,25 \pm 0,01$ . Ce dernier est proche de celui trouvé par **Patharkar et al. (2017)** qui est égale à 3,4, lors de leur étude sur les paramètres physico-chimiques de l'orange.

Selon **Porto et al. (2017)**, l'ajout du jus d'orange au jus de betterave a entraîné une augmentation de la teneur en composés acides, qui a pour conséquence l'augmentation de l'acidité et donc la diminution du pH.

En ce qui concerne les yaourts, la figure 8 montre que les Y.C et Y.N ont le même pH, qui est de 4,36, alors que le pH du Y.B.O est légèrement supérieur avec une valeur de 4,49. D'après **Aswal et al. (2012)**, le pH idéal pour un yaourt fini est compris entre 4 et 4,1.

#### IV.1.3. Taux de cendres

La détermination de la teneur en matière minérale nous éclaire sur la qualité nutritionnelle de l'échantillon analysé (**Gaouar, 2011**). Les résultats de ce test sont représentés dans la figure 9.



**Figure 9** : Taux de cendres des différents échantillons analysés (**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O** : Jus de betterave-orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C** :

Yaourt au jus de carotte, Y.N : Yaourt nature). Les lettres a et b indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

D'après la figure 9, le taux de cendres varie d'un échantillon à l'autre, le taux le plus élevé étant celui du Y.B.O avec une valeur de 0,49%. Cette dernière est inférieure à celles rapportée par **Dhineshkumar et Ramasamy (2016)** qui sont comprises entre  $0,94 \pm 0,05$  et  $1,49 \pm 0,05\%$ .

La figure 9 montre également que le taux des minéraux pour le Y.C est de  $0,41 \pm 0,06 \%$ , valeur inférieure à celle rapportée dans une étude réalisée par **Kiros et al.(2016)** sur 12 échantillons de yaourts préparés à différentes concentrations de jus de carotte, les taux de cendres trouvés sont entre 0,74 % et 0,77 %.

Cette présente étude montre également que le taux de cendres du jus de carotte et celui de betterave sont proches avec des valeurs de  $0,37 \pm 0,41$  et 0,38 % respectivement.

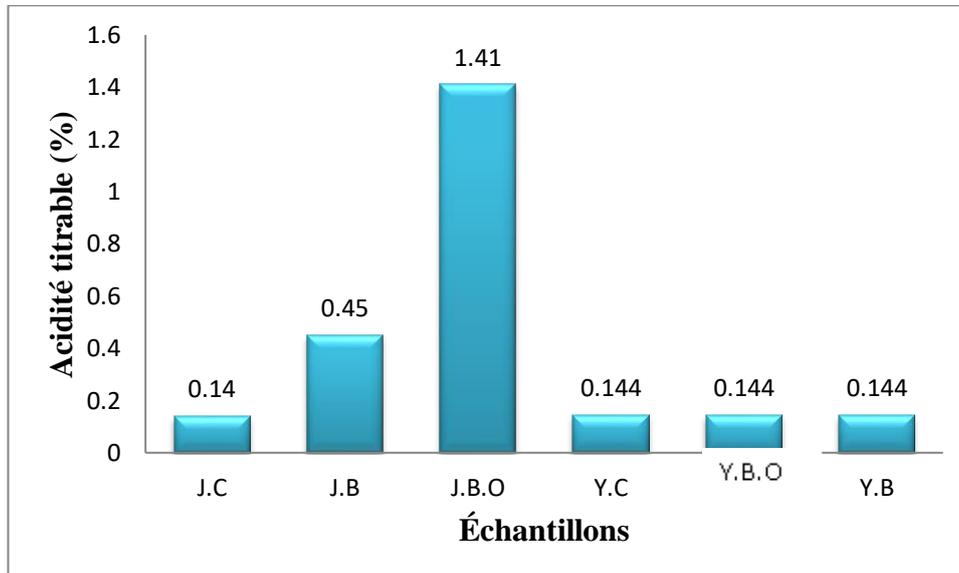
Selon une étude faite par **Banigo et al. (2015)**, le taux de cendres d'un mélange de jus de carotte, jus de betterave et jus de soja avec des différents rapports est compris entre  $0,39 \pm 0,01$  et  $0,53 \pm 0,19\%$ . Dans une autre étude menée par **Emelike et al. (2015)**, le jus de betterave présente un taux de cendres de 0,39%. En comparant nos résultats à ces derniers, nous constatons qu'ils sont inclus dans cet intervalle.

Le J.B.O présente un taux de cendres de  $0,15 \pm 0,11\%$  qui est plus faible que celui du J.B, cela pourrait être dû à l'ajout d'un volume important de jus d'orange (rapport de 3/2) avec une valeur de  $0,06 \pm 0,014\%$  sachant que ce résultat est faible par rapport à ceux trouvés par **Obasi et al. (2016)** avec des valeurs comprises entre 0,29 et 1,29 %, lors de leur étude sur deux jus d'orange l'un frais et l'autre commercialisé.

Selon **AFNOR (1995)**, le taux de cendres est déterminé essentiellement par les conditions de culture en ce qui concerne le jus d'orange. **Babayemi et al. (2010)** ont noté que le taux de cendres varie d'une plante à l'autre, et il est aussi influencé par le type de sol où la plante est cultivée et l'espèce de la plante.

#### IV.1.4. Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable représente la somme des acides minéraux et organiques présents dans un produit. Elle est exprimée en fonction de l'acide dominant. L'acidité de la boisson est due principalement à l'acide citrique et celle du yaourt est due à l'acide lactique figure 10.



**Figure 10** : Acidité titrable des différents échantillons analysés (**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O** : Jus de betterave et d'orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte, **Y.N** : Yaourt nature).

D'après la figure 10, les Y.N, Y.C et Y.B présente une acidité similaire avec une valeur égale à 7,2, soit 0,144%. Ce taux d'acidité est inférieur à celui trouvé par **Kiros et al. (2016)** dans une étude réalisée sur le yaourt à base de jus de carotte, qui est compris entre 0,62-0,71%.

Concernant le Y.B.O, son taux en acide lactique est de 0,144%. Cette valeur est largement inférieure et n'est pas compris dans l'intervalle allant de 1,9 à 7,2%, trouvée par **Dhineshkumar et Ramasamy(2016)** lors de leur étude.

Dans une autre étude menée par **Kale et al. (2018)**, le taux d'acide citrique trouvé dans le jus de betterave est égal à 0,014%, qui est très faible par rapport à celui trouvé dans ce présent travail (0,45%). En revanche, ce dernier est compris dans l'intervalle rapporté par **Dambalkar et al. (2015)** (0,30-0,45%), qui ont travaillé sur un mélange de jus de betterave, d'orange et de gingembre.

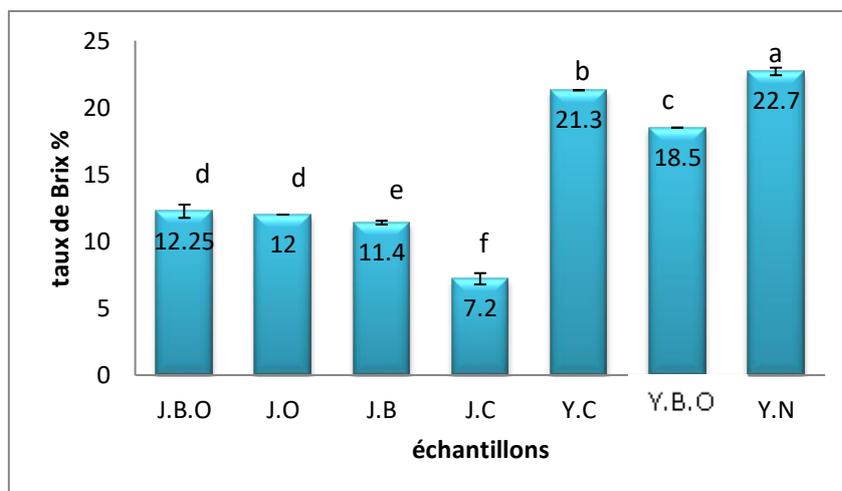
Pour le J.B.O, le taux d'acidité est de 1,41% plus élevé que celui du J.B, cela pourrait être dû à l'ajout du jus d'orange (rapport de 3/2), qui présente selon **Akubor (2016)** un taux d'acide citrique de 1,90%. **Porto et al. (2017)** ont noté également que l'ajout d'un jus

d'orange au jus de betterave a entraîné une augmentation de la teneur en produits acides, et donc l'augmentation de l'acidité.

Cependant, ce taux d'acidité diffère de celui de J.C dont la valeur est de 0,13%. Cette dernière est inférieure à celle trouvée par **Kiros et al. (2016)**, qui est de 0,23%.

#### IV.1.5. Taux de Brix

Le degré Brix traduit le taux des matières sèches solubles, contenues dans une solution (**Reid, 2003**). Les résultats de la détermination du taux de sucres dans les échantillons sont représentés dans la figure 11



**Figure 11** : Taux de Brix. (**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O**: Jus de betterave-orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave-Orange, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte, **Y.N** : Yaourt nature). Les lettres a, b, c, d, e et f indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

D'après l'histogramme de la figure 11, le taux de Brix diffère d'un échantillon à l'autre avec des valeurs variant de 7,2% à 22,7%.

Dans une étude menée par **Kale et al. (2018)**, le taux de Brix trouvé est égal à 9 % pour le jus de betterave qui est inférieur à celui trouvé dans ce présent travail (11,4%  $\pm$  0,14). La même remarque a été faite en comparant le taux de Brix du jus d'orange trouvé dans ce présent travail (12%) avec celui rapporté par **Akubor (2016)** (9,8%).

Quant au J.B.O, le taux de Brix est de 12,25%  $\pm$  0,49 plus élevé que celui de J.B (11,4%  $\pm$  0,14), cela pourrait être dû à l'ajout du jus d'orange qui présente un taux de sucre de 12%. En ce qui concerne le J.C, son taux de Brix est le plus faible comparé aux autres échantillons avec une valeur de 7,2%  $\pm$  0,42. **Kiros et al. (2016)** ont obtenu une valeur proche de celle trouvée dans le présent travail, elle est de 7,6%.

Pour le Y.C, le taux de Brix est de 21,3%, qui n'est pas inclus dans l'intervalle rapporté par **Madora et al. (2016)** qui est entre 7,64 et 10,36%, lors de leur travail sur l'enrichissement des yaourts avec de la poudre de carotte.

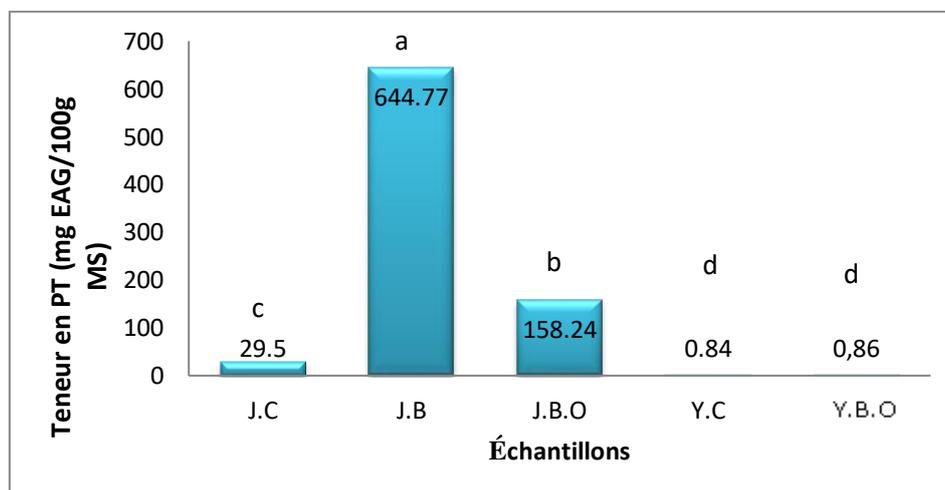
Selon **Zanhi et Jideani (2012)**, le total soluble solide pour un yaourt est compris entre 10,73% et 13,12%, et ceux trouvés dans ce présent travail sont pour le Y.N et le Y.B respectivement de 22,7% et 18,5%.

Ces différences entre les résultats obtenus dans ce présent travail et ceux de la littérature pourraient être dues à l'ajout de sucre lors de la préparation des yaourts. Pour les jus, ces différences pourraient être dues aux conditions climatiques, la répartition géographique, la nature du sol et la variété du légume utilisé.

## IV.2. Analyses phytochimiques

### IV.2.1. Teneurs en polyphénols totaux

La teneur en polyphénols totaux donne une estimation globale de la teneur des différentes classes de composés phénoliques contenus dans les échantillons analysés figure 12.



**Figure 12:** Teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons analysés (**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O** : Jus de betterave-orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte). Les lettres a, b, c et d indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

La figure 12 montre que le jus de betterave présente la teneur la plus élevée en polyphénols totaux avec une valeur de  $644,77 \pm 22,65$  mg EAG/100g, suivi de J.B.O avec une valeur de  $158,24 \pm 7,19$  mg EAG/100g, et de  $29,5 \pm 1,59$  mg EAG/100 g pour le J.C.

La teneur en polyphénols totaux de J.B est de 6,45 mg EAG/g et celle de J.B.O étant de 1,58 mg EAG/g, sont largement inférieures à celle trouvée par **Rossetto et al. (2009)** qui est de 12,6 mg/g, lors de leur étude menée sur la betterave. En revanche, elles sont largement supérieures à celle trouvée par **Slavov et al. (2013)** qui est de 728,1 mg/L (72,81 mg/100 g) dans de leur travail sur le jus de betterave rouge obtenu après prétraitement par micro-onde et thermique.

**Zykevičiūtė et al. (2013)** ont rapporté que la carotte sèche présente une teneur en polyphénols totaux qui varie entre 151 et 701 mg EAG/100g, qui sont supérieures à celle trouvée dans ce présent travail (29,5 mg/100g).

La différence des teneurs en polyphénols totaux pourrait être dû à des facteurs génétique, climatique, le degré de maturation, la région et la période de la récolte.

D'après **Franscini et Palma (2018)**, la teneur en polyphénols totaux dans les aliments et les fruits est très variée, même d'un fruit à l'autre dans un même arbre. Cette variation est due aux types de sols, l'exposition au soleil, le niveau de maturation à la cueillette, la quantité des précipitations et le type d'agriculture pratiqué.

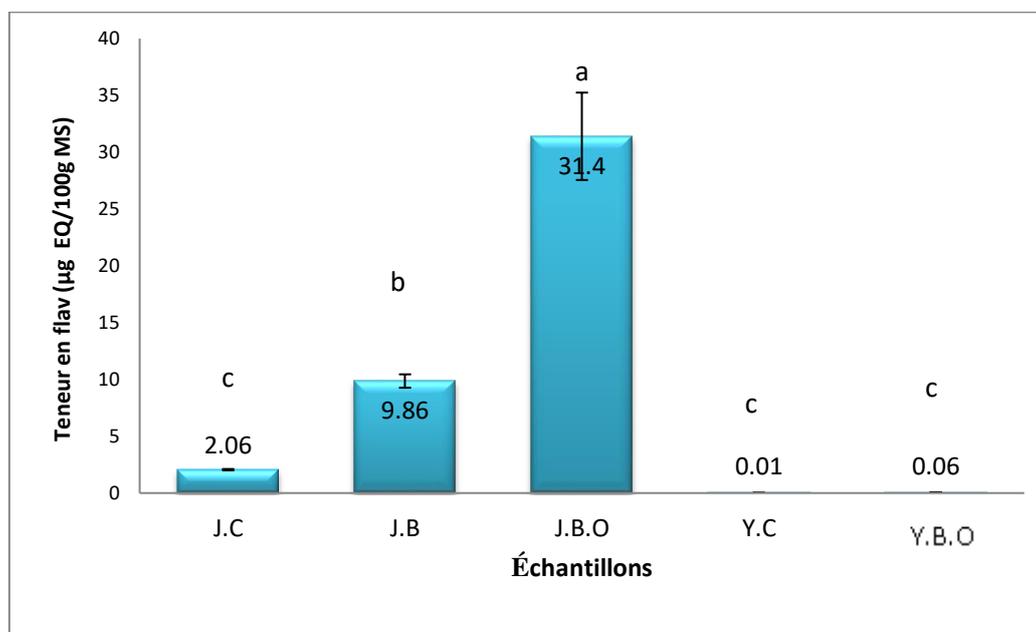
La figure 12 montre que les Y.B.O et Y.C présentent les teneurs en polyphénols les plus faibles par rapport à celles des différents jus avec des valeurs respectivement de  $0,86 \pm 0,57$  mg EAG/ 100 g et  $0,84 \pm 0,37$  mg EAG/100g. Cette différence pourrait être due à des interactions entre une partie des polyphénols et les composants du yaourt. En effet, une étude menée par **Dupas (2009)** a montré qu'il existe des interactions entre des composés phénoliques et d'autres nutriments tels que les polysaccharides et les protéines. Ces interactions consistent à la formation de liaisons réversibles ou non entre les composants de l'aliment.

Il a été démontré que la nature du milieu influence la solubilité des composés phénoliques. Dans des milieux riches en lipides, il ya une perte importante en composés phénoliques lors de la fabrication, ce qui justifie la différence observée dans ce présent travail (**Dupas, 2009**).

#### IV.2.2. Teneurs en flavonoïdes

Les flavonoïdes sont présents dans la majeure partie des aliments que nous consommons, ils sont localisés dans la peau des fruits et des légumes (Franscini et Palma, 2018).

Les teneurs en flavonoïdes des différents échantillons sont illustrées dans la figure 13.



**Figure 13 :** Teneurs en flavonoïdes (**flav** : flavonoïdes, **J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O** : Jus de betterave-orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte). Les lettres a, b et c indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

La figure 13 montre que le J.B.O est plus riche en flavonoïdes ( $31,4 \pm 3,84 \mu\text{g}/100\text{g}$ ) que les deux autres jus J.B ( $9,86 \pm 0,59 \mu\text{g}/100\text{g}$ ) et J.C ( $2,06 \pm 0,06 \mu\text{g}/100\text{g}$ ).

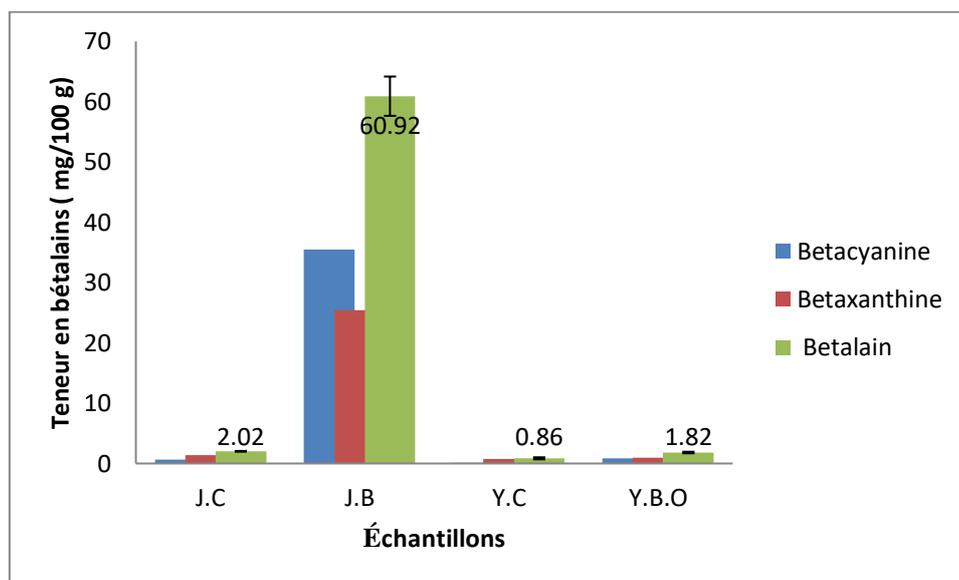
En comparant à d'autres travaux, Fidelis (2016) a noté lors de son étude sur la capacité antioxydante de la betterave brute et transformée que la teneur en flavonoïdes dans le jus de betterave est de  $83,34 \pm 3,34\text{mg}/\text{g}$  ( $8334 \text{mg}/100\text{g}$ ), qui est de loin plus élevée que celle trouvée dans ce présent travail ( $9,86 \times 10^{-3} \text{mg}/100\text{g}$ ). Dans leur travail sur le jus de carotte, Przybylska et al. (2007) ont rapporté que la teneur en flavonoïdes est de  $16,85\mu\text{g}/\text{mL}$  qui est également nettement élevée par rapport à celle trouvée dans ce présent travail  $2,06 \mu\text{g}/100\text{g}$  ( $0,1 \mu\text{g}/\text{mL}$ ).

Quant aux deux yaourts étudiés Y.C et Y.B.O, leur teneur en flavonoïdes sont très faibles et qui sont de  $0,01 \pm 0,001$  et  $0,06 \pm 0,01 \mu\text{g}/100\text{g}$  respectivement.

Selon **Franscini et Palma (2018)**, la teneur en flavonoïdes varie d'un aliment à l'autre, d'un fruit à l'autre et dans un même arbre. Cette variation est due au type de sols, au degré de maturation, à la quantité des précipitations et à l'exposition au soleil et au type d'agriculture pratiqué.

#### IV.2.3. Teneurs en bétalains

Les bétalains contiennent des pigments divisés en deux groupes, des pigments jaunes (bétaxanthines) et des pigments rouges (bétacyanines). Les résultats de l'analyse effectuée sont représentés dans la figure 14.



**Figure 14 :** Teneurs en bétalains des différents échantillons analysés (**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O** : Jus de betterave-orange, **Y.B.O** : Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte).

La figure 14 montre que le J.B présente la teneur la plus élevée en bétalains par rapport au J.C avec des valeurs de  $6,09 \pm 3,26$  mg/100g et  $0,2 \pm 0,065$  mg/100g respectivement. Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées par **Kale et al. (2018)**, qui ont noté que le jus de betterave contient une teneur de 14.20 mg/100g en bétalains. **Wruss et al., (2015)** ont obtenus des teneurs allant de 0,8 à 1,3g/L en bétalains lors de leur étude sur la caractérisation de la composition du jus et des produits commercialisés de betterave.

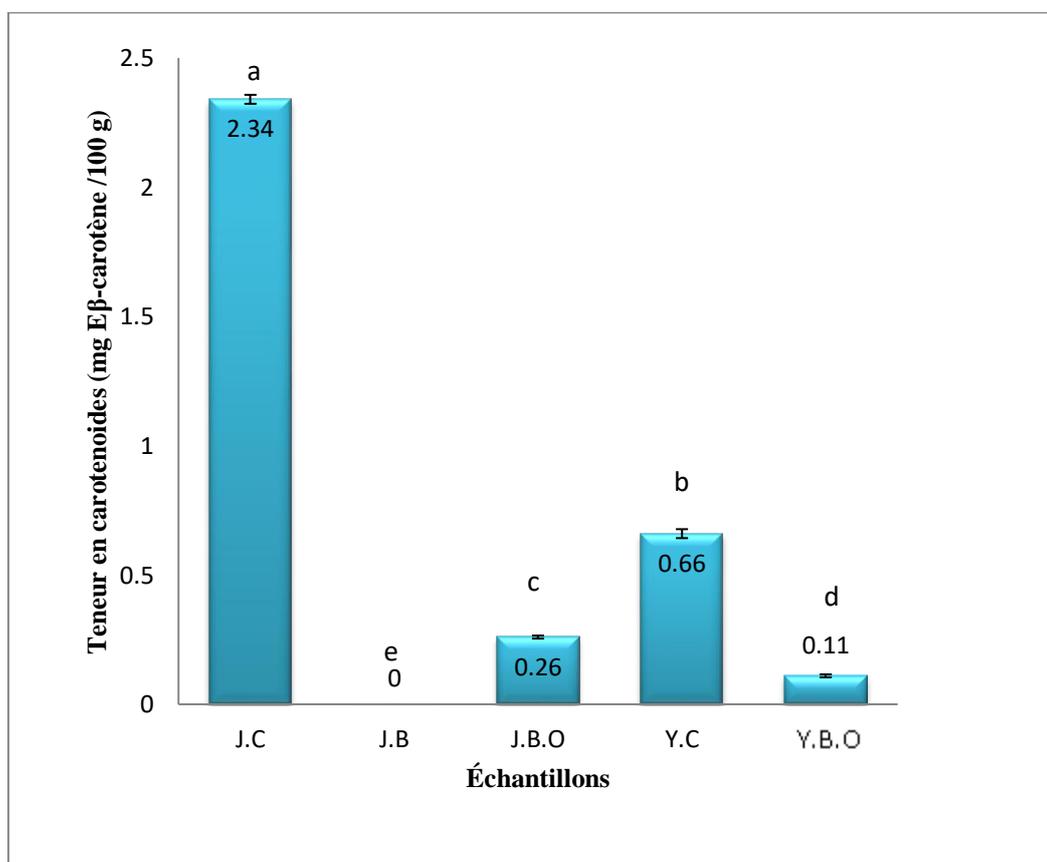
Selon **Czapski et al. (2009)**, cette différence pourrait être due à la variété de l'espèce et sa provenance.

Concernant les yaourts, la figure 14 montre que la teneur des bétalains dans Y.B.O et Y.C sont respectivement de  $1,82 \pm 0,13$  mg/100 g et  $0,86 \pm 0,19$  mg EAG/100 g. Ces valeurs sont inférieures à celles trouvées dans les jus correspondants. Ceci pourrait être dû au traitement thermique subis au cours de leur préparation. Ainsi, d'après une étude récente menée par **Sawicki et al. (2019)**, le traitement thermique et les différents processus technologiques ont un effet sur les bétalains de sorte qu'ils réduisent leurs teneurs de 42 à 70%.

#### IV.2.4. Teneurs en caroténoïdes

Étant des phyto-micronutriments très connus et largement étudiés dans la communauté scientifique, malgré leurs diversité (700 caroténoïdes) seulement une cinquantaine sont dans notre alimentation et absorbés par le corps humain (**Franscini et Palma 2018**).

Les résultats de cette analyse sont portés dans la figure 15.



**Figure 15 :** Teneurs en caroténoïdes (**J.B :** Jus de betterave, **J.C :** Jus de carotte, **J.B.O:** Jus de betterave et d'orange, **Y.B.O :** Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C :** Yaourt au jus de carotte). Les lettres a, b, c, d et e indiquent des différences significatives ( $p < 0,05$ ).

La figure 15 montre que le jus de carotte présente la teneur la plus élevée en caroténoïdes comparé aux autres échantillons avec une valeur de  $2,34 \pm 0,017$  mg E  $\beta$ -carotène/100g. Cette dernière est inférieure à celle trouvée par **Kiros et al. (2016)** qui est de 4,85 mg E  $\beta$ -carotène/100g.

Par ailleurs, le J.B.O présente une teneur en caroténoïdes de  $0,26 \pm 0,005$  mg E  $\beta$ -carotène/100g, cela reflète l'ajout du jus d'orange au jus de betterave qui ne contient pas de caroténoïdes. Selon la norme **AFNOR (NF V 76-110)**, un jus d'orange peut contenir de 0,2 à 0,5 mg E  $\beta$ -carotène/100 g de caroténoïdes.

La figure15 montre également que la teneur du Y.B.O en caroténoïdes est de  $0,11 \pm 0,005$  mg E  $\beta$ -carotène/100g, inférieure à celle du J.B.O.D'après la norme **AFNOR (NF V 76-110)**, toute concentration inférieure à 0.2mgE  $\beta$ -carotène/100g est indicative d'une dilution. La même chose a été observée pour la teneur de Y.C en caroténoïdes par rapport à celle de J.C, qui sont respectivement de  $0,66 \pm 0,01$  et  $2,34 \pm 0,017$  mg E  $\beta$ -carotène/100g.

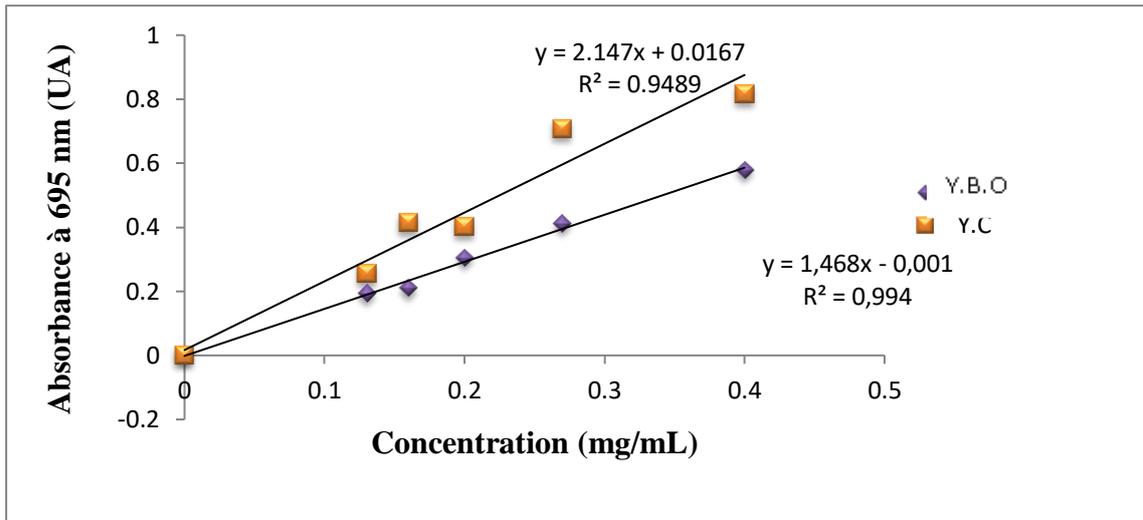
La différence des teneurs en caroténoïdes entre les échantillons est justifiée par le génotype, la saison, le degré de maturation, la variété, les conditions climatique et de culture, ainsi que les traitements thermiques subis lors de la fabrication (**Franscini et Palma, 2018**).

#### IV.2.5. Activité antioxydante

##### IV.2.5.1. Test du pouvoir réducteur

Le test du pouvoir réducteur au phosphomolybdate d'ammonium s'exprime par la réduction de l'ion  $\text{Mo}^{6+}$  en ion  $\text{Mo}^{5+}$ . Ce dernier se complexe avec le phosphate qui aboutit à une couleur verte dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de l'extrait (**Prasad et al. 2009**).

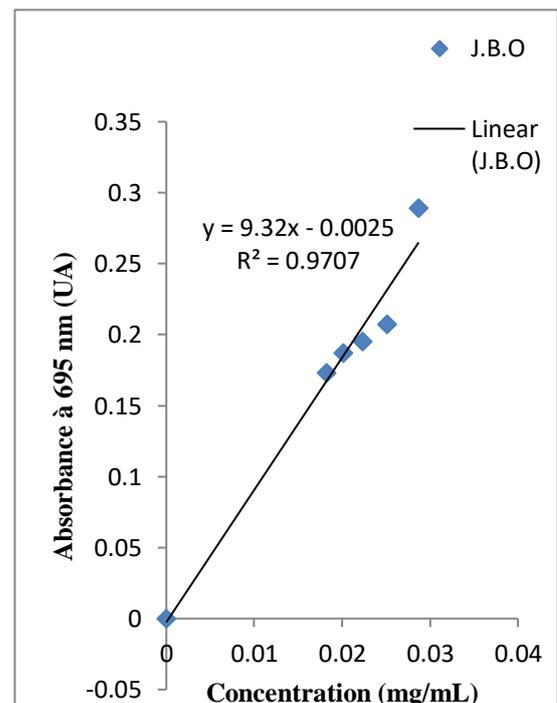
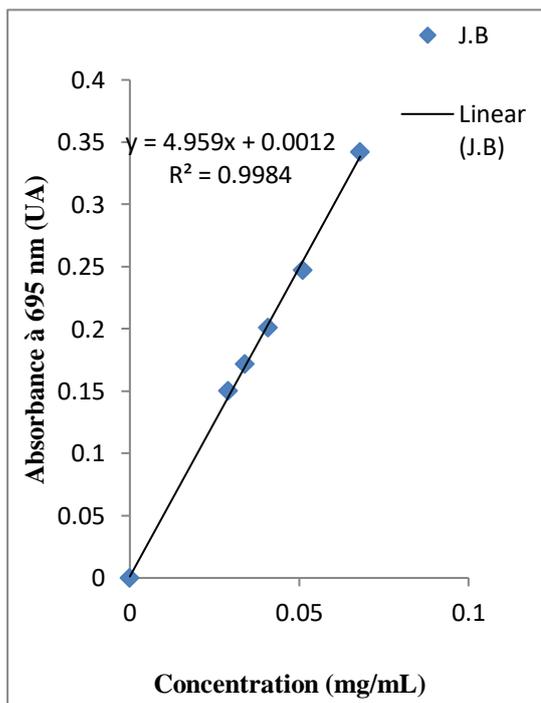
Les résultats du test du pouvoir réducteur des deux yaourts préparés sont présentés sur la figure 16.

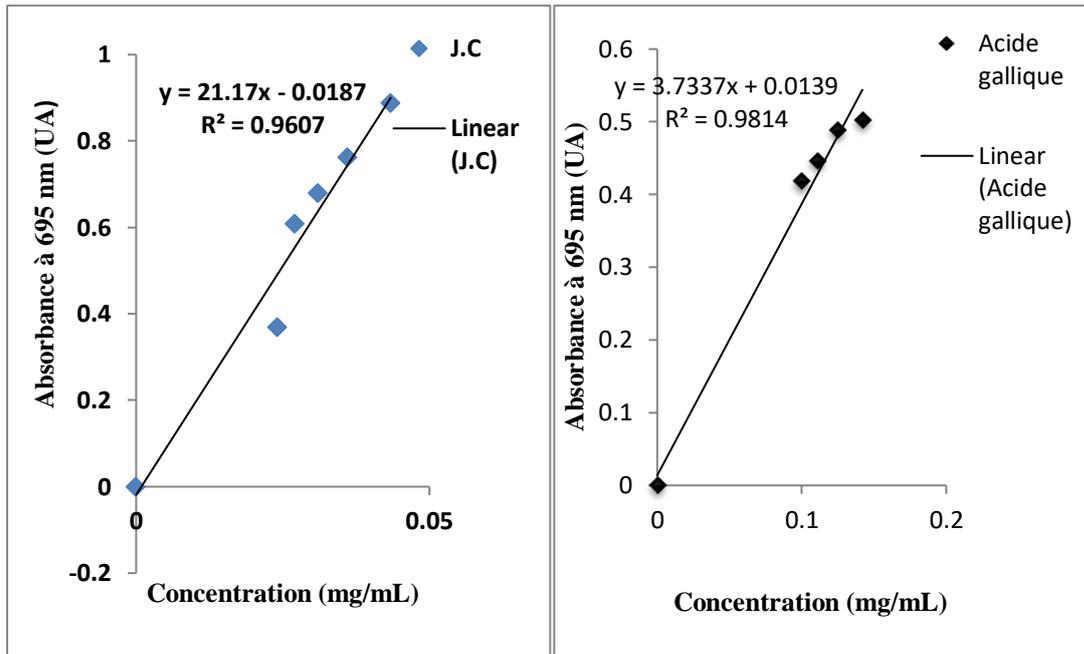


**Figure 16 :** Pouvoir réducteur des deux yaourts analysés (Y.B.O: Yaourt au jus de betterave-orange, Y.C : Yaourt au jus de carotte).

La figure 16 montre que l'absorbance des deux yaourts augmente avec l'augmentation de leurs concentrations. Elle montre également que le yaourt à base de jus de carotte présente un pouvoir réducteur supérieur à celui du yaourt à base de jus de betterave-orange.

Les résultats du test du pouvoir réducteur des trois jus et de l'acide gallique sont présentés sur les figures 17.

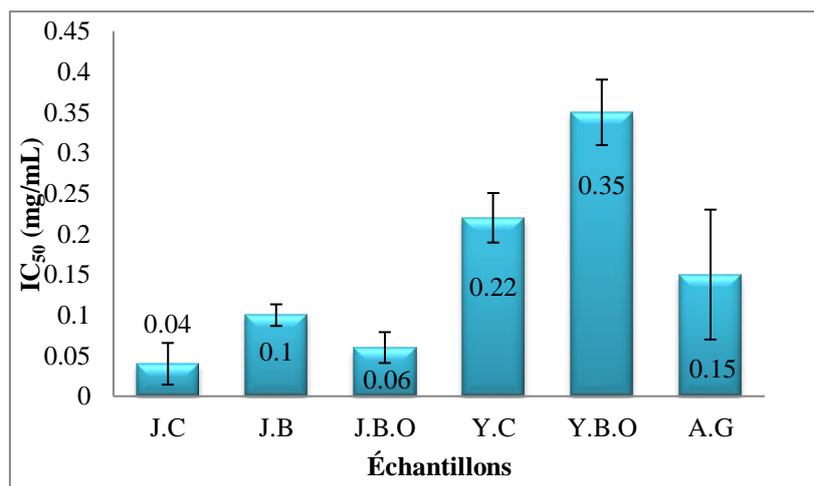




**Figure 17 :** Représentant le pouvoir réducteur des différents échantillons analysés (AG : acide gallique, J.B : Jus de betterave J.B.O : Jus de betterave-orange, J.C: Jus de carotte).

La figure 17 montre que les absorbances des différents échantillons augmentent avec l'augmentation de leurs concentrations.

L'IC<sub>50</sub> représente la concentration de l'extrait qu'il faut pour réduire 50% des ions Mo<sup>6+</sup> en ions Mo<sup>5+</sup>. Les résultats sont représentés dans la figure 18.



**Figure 18 :** IC<sub>50</sub> des différents échantillons analysés (A.G : Acide gallique, J.B : Jus de betterave, J.C : Jus de carotte, J.B.O : Jus de betterave-orange, Y.B : Yaourt au jus de betterave, Y.C : Yaourt au jus de carotte).

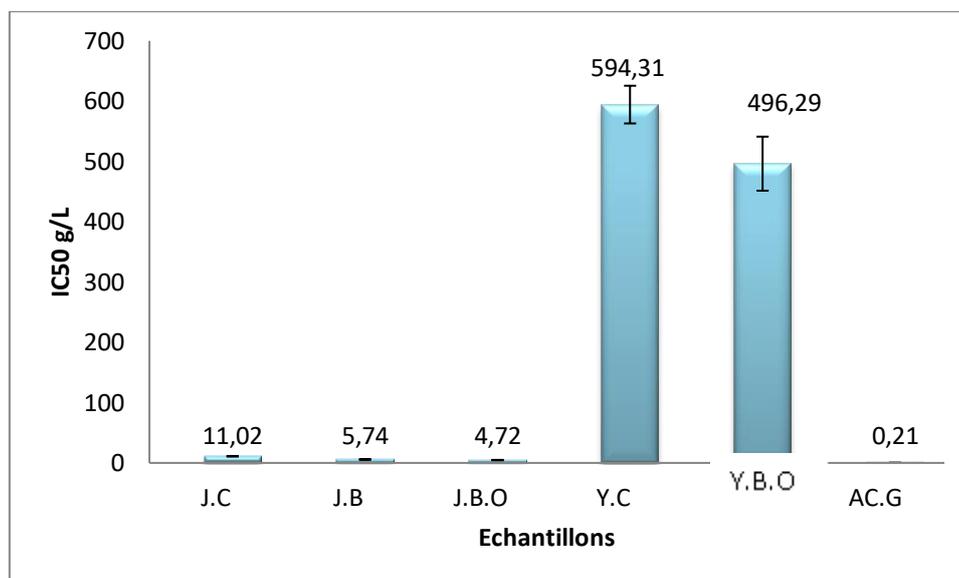
La figure 18 montre que le J.C, le J.B.O et le J. B ont réduit 50% des ions  $\text{Mo}^{6+}$  en ions  $\text{Mo}^{5+}$  par une concentration de  $0,04 \pm 0,025$ ,  $0,6 \pm 0,019$  et  $0,1 \pm 0,013$  mg/mL respectivement. Ces résultats montrent clairement que le J.C a le pouvoir réducteur le plus élevé par rapport aux J.B.O et J.B.

50% des ions  $\text{Mo}^{6+}$  sont réduits en ions  $\text{Mo}^{5+}$  par une concentration de  $0,22 \pm 0,030$  et  $0,35 \pm 0,040$  mg/mL des extraits des yaourts Y.C et Y.B.O respectivement. Ces résultats montrent que le Y.C a le pouvoir réducteur le plus élevé par rapport au Y.B.O.

#### IV.2.5.1. Test utilisant le radical DPPH'

Le radical DPPH' est l'un des substrats les plus utilisés généralement pour l'évaluation rapide et directe de l'activité antioxydante en raison de sa stabilité en forme radicale et la simplicité de l'analyse (Doukani et al. 2014).

Les résultats ont été exprimés en terme d' $\text{IC}_{50}$  qui est défini comme étant la concentration d'extrait pour laquelle 50% du radical DPPH' est inhibé figure 19.



**Figure 19 :**  $\text{IC}_{50}$  des différents échantillons analysés (A.G : Acide gallique, J.B : Jus de betterave, J.C : Jus de carotte, J.B.O: Jus de betterave-orange, Y.B.O : Yaourt au jus de betterave-orange, Y.C : Yaourt au jus de carotte).

D'après la figure 19, le Y.C présente l' $\text{IC}_{50}$  la plus élevée, suivie du Y.B.O puis de J.C, J.B et J.B.O et pour finir l'A.G. Donc c'est le Y.C qui présente l'activité scavenger la plus faible. 50% du radical DPPH' a été inhibé par une concentration de 4,72 et 5,74g/L de

J.B.O et J.B respectivement. Par contre des quantités plus élevées en Y.C et Y.B 594,3 et 496,29 g/L respectivement ont été utilisées pour inhiber 50% du radical DPPH<sup>\*</sup>.

Le J.C présente un pouvoir inhibiteur de 44% pour une concentration de 21,7 g/L comparé à celui trouvé par **Adrinola (2019)** qui est de 45%. Par contre, le J.B possède un pouvoir inhibiteur de 63% pour une concentration de 20,4 g/L, qui est inférieur à celui trouvé par **Chougui et al. (2011)** (73%) pour un extrait méthanolique de betterave.

### IV.3. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques réalisées dans ce travail ont portées sur la recherche et le dénombrement des microorganismes suivants : la FTAM, les coliformes totaux, *E.coli*, les levures et les moisissures tableau VI.

**Tableau V** : Résultats des analyses microbiologiques des différents échantillons analysés.

Germes recherchés	FTAM	Coliformes totaux	<i>E.coli</i>	Levures	Moisissures
J.C	1,4*10 <sup>4</sup>	6	Abs	Abs	Abs
J.B.O	5,6*10 <sup>3</sup>	<5	Abs	1	Abs
Normes	/	/	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>
Y.A	3,6*10 <sup>2</sup>	6	Abs	2	Abs
Y.C	<3*10 <sup>2</sup>	<5	Abs	2	Abs
Y.B.O	3,2*10 <sup>3</sup>	5	Abs	2	Abs
Normes	/	10	1	<10 <sup>2</sup>	Abs

**J.B** : Jus de betterave, **J.C** : Jus de carotte, **J.B.O**: Jus de betterave-orange, **Y.B.O**: Yaourt au jus de betterave-orange, **Y.C** : Yaourt au jus de carotte.

Les résultats portés sur le tableau VI nous ont permis de tirer les conclusions suivantes quant à la qualité des produits analysés:

- ❖ Pour la FTAM et les coliformes totaux, les trois yaourts Y.A, Y.C et Y.B.O ont des valeurs inférieures à la norme déterminée dans le **JORA (1998)** ;
- ❖ Le germe *E.coli* est absent dans les différents yaourts ;
- ❖ En ce qui concerne les moisissures, il y'a absence totale, par contre pour les levures il ya eu présence dans les yaourts et le J.B.O, mais les résultats restent inférieurs à la norme décrite dans le **JORA(1998)** ;
- ❖ Dans le cas des jus, il y'a absence totale de *E.coli* ; les résultats sont conformes aux normes instaurées par le **JORA N° 39 (2017)** ;

- ❖ Il y'a absence totale des moisissures dans les jus, tandis qu'il y'a présence d'une seule levure dans le J.B.O, malgré cela les résultats sont conformes aux normes du **JORA N° 39 (2017)**.

Selon **Brisabois (1997)**, plusieurs facteurs interviennent dans la croissance et dans la survie de *E. coli* dans les produits laitiers. Ces facteurs concernent les caractéristiques du produit fabriqué (composition, Aw et acidité) et le traitement thermique appliqué.

**Giddey (1982)** a rapporté qu'un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et moisissures.

L'ensemble des résultats obtenus reflètent la salubrité du produit par rapport aux germes recherchés, cela étant l'objectif de cette présente analyse.

## IV.5. Analyses sensorielles

### IV.5.1. Test du plan d'expérience

Afin d'assurer que les données de l'analyse sensorielle sont exploitables dans des meilleurs conditions statistiques possibles, un plan d'expérience a été réalisé. Ce test permet aux spécialistes de l'analyse sensorielle de disposer d'un outil simple et puissant pour évaluer les produits tableau VII.

**Tableau VI:** Évaluation du plan d'expériences.

<b>A-Efficacité</b>	<b>1,000</b>
<b>D-Efficacité</b>	<b>1,000</b>

Les résultats du tableau VII, obtenus après la réalisation du plan d'expériences et l'affichage des critères A-Efficacité et D-Efficacité, montrent que le plan optimal pour cette analyse a été trouvé et que les données sont exploitables.

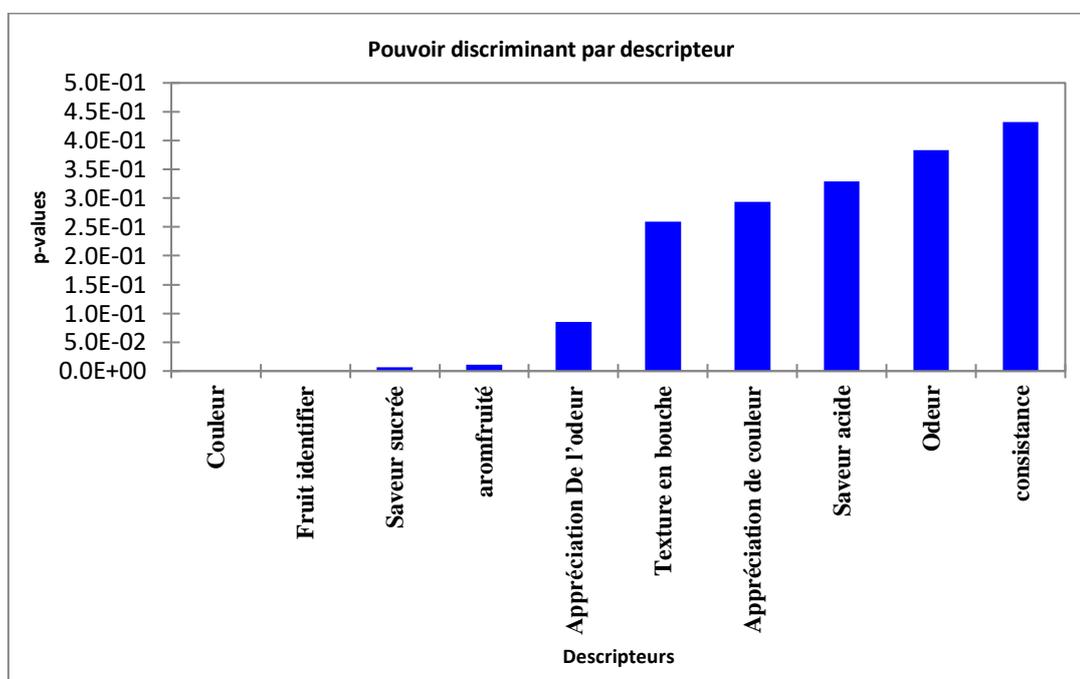
### IV.5.2. Caractérisation du produit

Ce test permet aux utilisateurs de XL-STAT d'identifier rapidement quels sont les descripteurs discriminants d'une série de produits évalués lors d'une étude sensorielle, et quelles sont les caractéristiques importantes des différents produits (**Husson et Pagès, 2003**).

### IV.5.3. Pouvoir discriminant par descripteur

Ce test permet de classer les descripteurs en ordre décroissant selon leur pouvoir discriminant.

Les résultats de ce test sont présentés dans la figure 20.



**Figure 20** : Pouvoir discriminant par descripteur.

La figure 20 montre que la couleur et le fruit identifié sont les descripteurs les plus discriminants, cela signifie que les juges experts ont remarqué une grande différence entre les échantillons préparés.

Les descripteurs saveur sucrée, arôme fruité et l'appréciation de l'odeur ont un pouvoir discriminant légèrement inférieur à celui de la couleur et du fruit identifié. En revanche, la texture en bouche, l'appréciation de couleur, la saveur acide, l'odeur et la consistance ont un faible pouvoir discriminant. Cela veut dire que les juges experts n'ont pas remarqué de différence entre les échantillons.

### IV.5.4. Moyennes ajustées par produit

L'objectif de ce test est de définir la moyenne ajustée calculée à partir du modèle pour chaque combinaison descripteur-produit, et qui permet d'identifier les caractéristiques de chaque produit.

Les résultats des moyennes ajustées par produit sont représentés dans le tableau VIII.

**Tableau VII:** Moyennes ajustées par produit.

	Cr	T.B	A.F	F.I	A.C	S.A	O	Cn	S.S	A.P
<b>D</b>	4,700	4,300	3,700	2,900	2,800	1,500	2,200	2,200	2,900	2,900
<b>E</b>	4,000	4,300	3,000	2,900	2,900	1,900	2,200	2,200	3,000	3,200
<b>C</b>	3,000	4,300	2,800	4,100	3,700	1,800	2,200	2,500	3,100	3,300
<b>A</b>	1,100	4,100	2,200	1,700	3,200	1,900	2,400	2,500	3,800	3,500
<b>B</b>	2,000	4,100	2,900	4,200	3,400	1,800	2,700	2,700	3,700	3,800

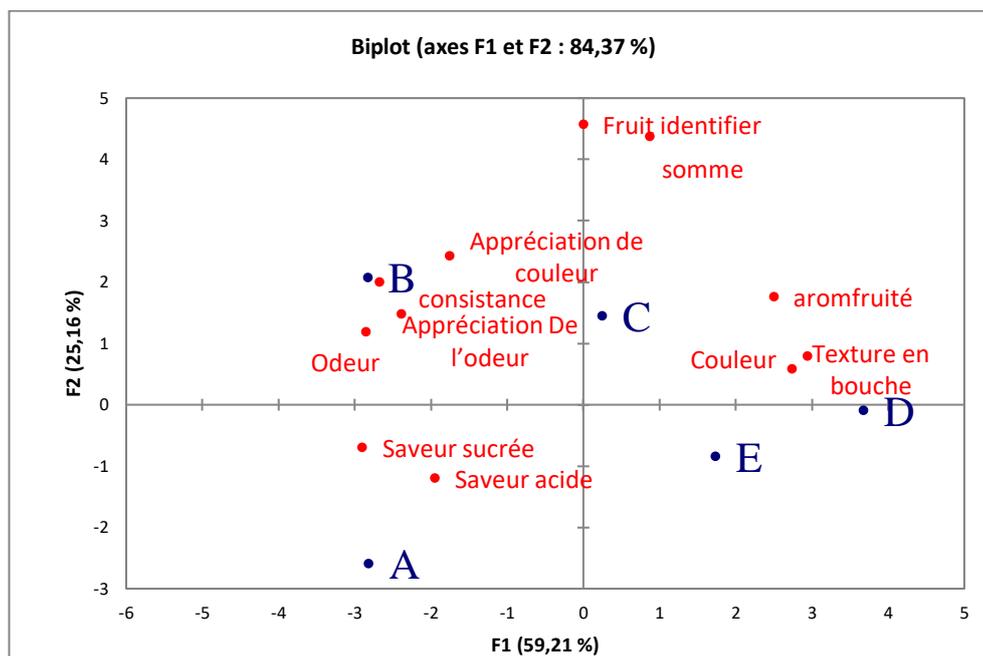
**Cr** : couleur, **T.B** : Texture en bouche, **A.F** : Arôme fruité, **F.I** : Fruit identifié, **A.C** : Appréciation de couleur, **S.A** : Saveur acide, **O** : Odeur, **Cn** : Consistance, **S.S** : Saveur sucrée, **A.P** : Appréciation de l'odeur.

Le tableau VIII représente les moyennes ajustées pour chaque produit analysé. Les cellules qui ont une couleur bleu représentent les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale, les cellules en rouge représentent les moyennes qui sont significativement plus petites que la moyenne globale et les cellules en blanc représentent les moyennes proches de la moyenne globale.

D'après ces résultats, **D** est le produit le plus apprécié par les juges. Il est caractérisé par une très forte odeur, un arôme fruité fort, une acidité faible, et une saveur sucrée moyenne et moyennement appréciée. Le produit **E** est caractérisé par une couleur rose foncé, tandis que pour le produit **C**, le fruit identifié était la fraise. Concernant le produit **A**, il est caractérisé par une forte saveur sucrée, une couleur blanche, un faible arôme fruité et le fruit n'était pas identifié. Quant au produit **B**, le fruit identifié était la fraise et il est caractérisé par sa saveur sucrée forte et une odeur bien appréciée.

#### IV.5.5. Analyse en composantes principales

L'analyse en composantes principales (ACP) est l'une des méthodes d'analyse de données multi variées les plus utilisées. Elle permet de construire des variables appelées composantes principales qui sont des combinaisons linéaires des variables initiales à partir de  $n$  variables continues initiales (Tufféry, 2012) figure 21 .

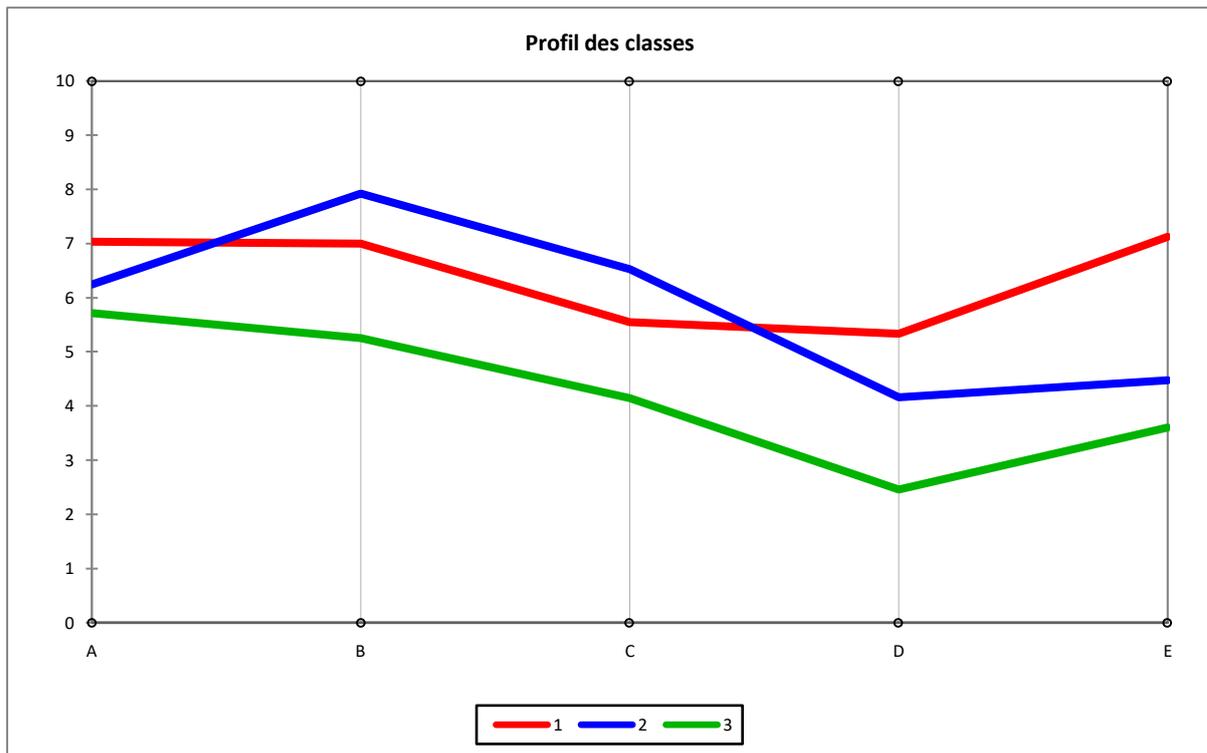


**Figure 21:** Corrélacion entre les variables (a) et les facteurs (b).

La carte obtenue (figure 21), dont la qualité est assez bonne, permet de représenter 83.23 % de la variabilité. Les experts ont constaté une différence entre les produits **A**, **B**, **C**, **D** et **E**. Le produit **A** est caractérisé par ses saveurs sucré et acide, par contre les produits **C** et **D** sont caractérisés par leurs couleurs, arôme fruité et leur texture en bouche qui est lisse. Le produit **B** est caractérisé par sa consistance, son odeur et sa couleur, tandis que le produit **E** est moins apprécié car il n'a pas des caractéristiques spécifiques.

#### IV.5.6. Classification ascendante hiérarchique

La classification ascendante hiérarchique (CAH) est une méthode de classification qui permet de visualiser le regroupement progressive des donnés, elle donne l'idée sur la façon dont les produits sont regroupées en classes et le nombre des classes (Everitt et al., 2001) figure 22.



**Figure 22 :** Profil de différentes classes créées.

Selon les préférences des sujets, il ya une formation de trois classes comme le montre la figure 22. La première classe, représentée en rouge, préfère les produits **E**, **A**, **B**, **C** et **D**. La deuxième classe qui est représentée en bleu, préfère le produit **B** en première place, après ce sont les produits **C** et **A**, ensuite les produits **E** et **D**. La troisième classe préfère le produit **A**, après le **B** en deuxième place, ensuite les produits **C** et **E**, et en dernière place le produit **D**.

## IV.5.7. Cartographie externe de préférence (PREFMAP)

La figure 23 représente la courbe de niveau et la carte des préférences.

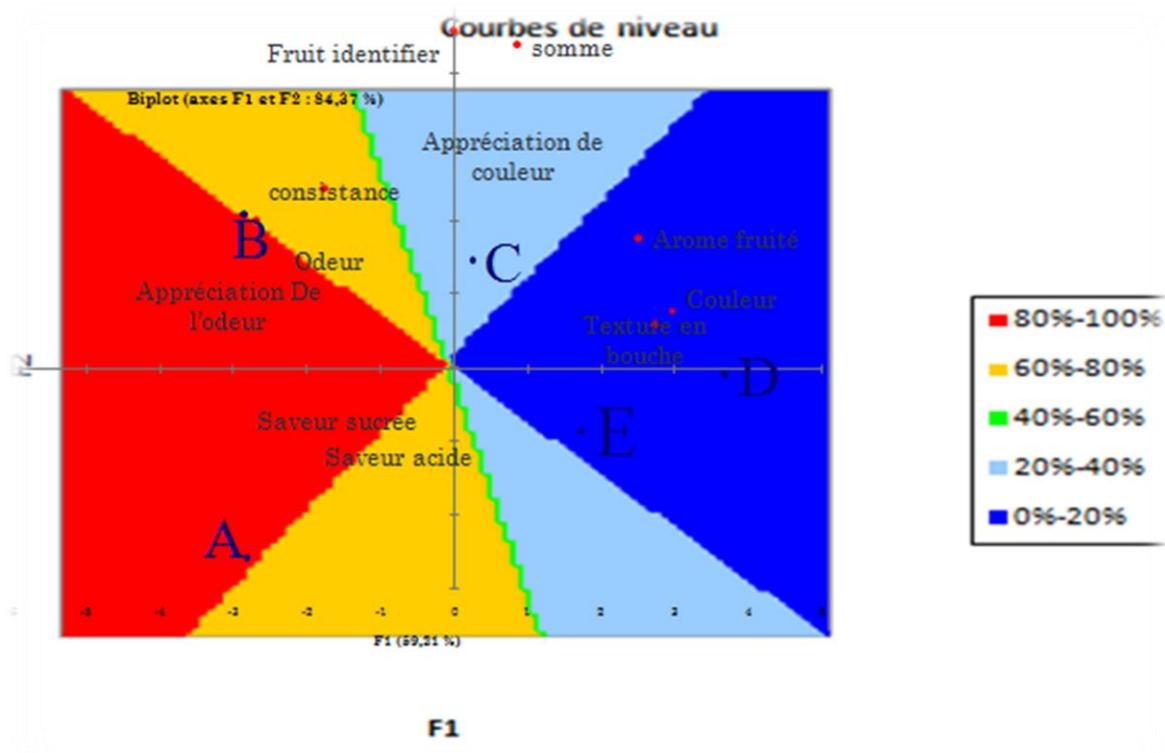
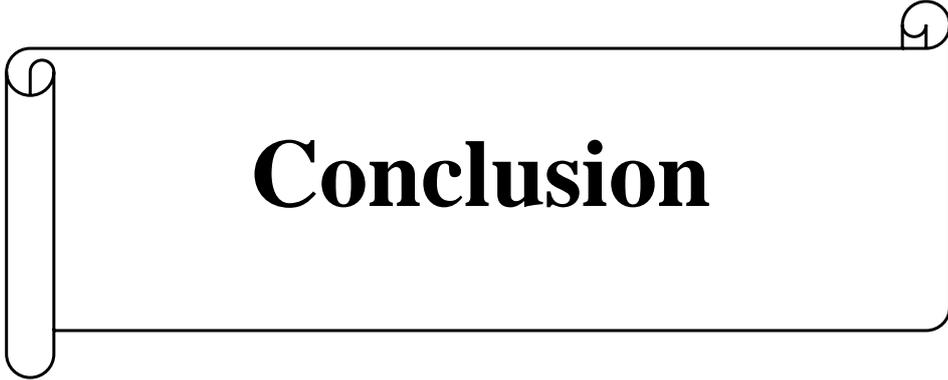


Figure 23 : Courbe de niveau et carte des préférences.

D'après la figure 23, les produits **A** et **B** sont très appréciés par les juges experts avec un degré d'appréciation entre 80% à 100% à cause des saveurs sucrée et acide pour le produit **A**, et de la consistance de son odeur appréciée pour le produit **B**. Le produit **C** est moins apprécié par rapport aux produits **A** et **B** avec un degré de 20% à 40%, qui est caractérisé par sa couleur appréciée et le légume identifié tandis que les produits **E** et **D** sont les moins appréciés avec un degré de 0% à 20%.

À la lumière des résultats obtenus, les produits les plus appréciés sont **A** et **B** et les produits les moins appréciés sont **D** et **E**.



**Conclusion**

## **Conclusion et perspectives**

L'objectif de la présente étude est de formuler deux yaourts brassés enrichis en jus de betterave et de carotte. Ce travail nous a permis d'enrichir nos connaissances dans le domaine du contrôle de qualité et d'analyse alimentaire, et également de mieux saisir les connaissances acquises durant notre cursus universitaire.

Un ensemble d'analyses physico-chimiques et phytochimiques a été réalisé. Ces analyses ont révélé que:

- Les jus sont riches en eau avec des teneurs de 93,04% pour celui de la betterave et 96,86% pour celui de la carotte, ils sont caractérisés par un pH de 6,55 et 6,32 respectivement. Ils constituent une bonne source de substances bioactives telles que les composés phénoliques avec 644,77 mg EAG/100 g MS pour le jus de betterave et 29,5 mg EAG/100g pour celui de la carotte. Le jus de carotte présente une teneur en caroténoïdes de 2,34 mg E  $\beta$ -carotène/100g et le jus de betterave présente une teneur de 2,02mg/L en bétalains. C'est le jus de betterave qui présente le pouvoir réducteur le plus élevé, par contre le jus de carotte présente un pouvoir scavenger du radical DPPH' plus élevé ;

- Le taux d'humidité du yaourt à base de jus de betterave-orange est de 85,22% et celui du yaourt enrichi avec le jus de carotte est de 85,12%. Ils sont aussi caractérisés par un pH acide (4,49) et (4,36) respectivement, un taux en composés phénoliques avec une valeur de 0,86 mg EAG/100 g MS pour le yaourt à base de jus de betterave-orange et de 0,84 mg EAG/100g pour celui à base de jus de carotte. Ce dernier présente une teneur en caroténoïdes de 0,66 mg E- $\beta$ -carotène/100g et celui à base de jus de betterave contient 1,82 mg/100 g en bétalains. C'est le yaourt à base de jus de carotte qui présente le pouvoir réducteur le plus élevé, par contre c'est celui à base de jus de betterave-orange qui présente le pouvoir scavenger du radical DPPH' le plus élevé.

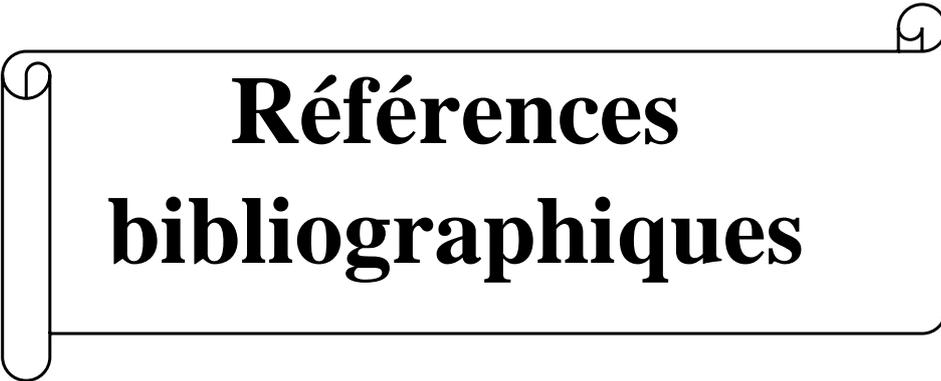
Les résultats de l'analyse microbiologique des deux yaourts élaborés montrent clairement leurs conformités aux normes en vigueur, ce qui témoigne de leurs salubrités par rapport aux germes recherchés.

Les résultats de l'analyse sensorielle des yaourts enrichie de jus de carotte et de jus de betterave ont montré qu'ils sont appréciés avec un degré compris entre 80% à 100% et 20% à 40% respectivement. Le yaourt brassé à base jus de carotte est caractérisé par sa

consistance et son odeur appréciée, et celui à base de jus de betterave est caractérisé par sa couleur appréciée et le légume identifié.

Les résultats de la présente étude restent préliminaires. Il serait donc intéressant d'envisager d'autres aspects à savoir :

- L'étude de la formulation du yaourt à base de légumes et de leurs jus par le plan d'expériences pour trouver la meilleure formule possible ;
- La mesure des propriétés rhéologiques des yaourts ;
- L'utilisation des ferments lactiques;
- Le dosage des protéines ;
- La caractérisation des jus utilisés et des yaourts enrichis.



**Références  
bibliographiques**

## Références bibliographique

### A

- Abis, S., & Giove, R. (2007).** Place de la méditerranée dans la production des fruits et légumes. *Les notes d'analyses du CIHEAM*, 23.
- Accolas, J. P., Bloquel, R., Didienne, R. & Regnier, J. (1977).** Propriétés acidifiantes des bactéries lactiques thermophiles en relation avec la fabrication du yoghourt. *le Lait, INRA Editions*, 57, 1-23.
- Aderinola, T. A. & Abaire, K. E. (2019).** Quality Acceptability, Nutritional Composition and Antioxidant Properties of Carrot-Cucumber Juice. *Beverages*, 5(1), 15.
- Akyol, Ç., Hami, A., & Alev, B. (2006).** Inactivation of peroxidase and lipoxygenase in carrots, green beans, and greenpeas by combination of high hydrostatic pressure and mild heat treatment. *European Food Research and Technology*, 224, 171-176.
- Ashworth Suzanne, Cavagnaro David, Whealy Kent (2002).** Seed to Seed , seed Saving and Growing Techniques for Vegetable Gardeners, 2nd Edition-Seed Savers Exchange pp 228.
- Anonyme :** <https://www.xlstat.com/fr/> consulté le 5/06/2019.
- Anonyme 2 :** <http://www.jardinage.eu/article/carotte-169>.consulté le 03/04/2019 .
- Anonyme 3 :** <http://sante.lefigaro.fr/mieux-etre/nutrition-aliments/yaourts/composition> consulté le 1 avril 2019 a 18h52 .
- Aswal, P., Anubha, S. & Siddharth, P. (2012).** YOGHURT: preparation, characteristics and recent advancements. *Cibtech Journal of Bio-Protocols*, 1(2), 32-44.
- Axelsson , L., Salsinen, S., Wright, A. V. & Ouwehand, A. (2004).** Classification and physiology In : Lactic acid bacteria: Microbiological and functional aspects. *New York Marcel Dekker Inc*, 633, 1 - 66.

### B

- Babayemi, J., Dauda, K., Nwude, D., Ajiboye, J., Essien, E. & ABIONA, O. (2010).** Détermination de la teneur en alcali et en métal de la potasse des cendres obtenues à partir des pelures de certaines variétés d'espèces de Musa cultivées au Nigéria. *BioResources*, 5 (3), 1384-1392.
- Banigo , E. B., Kiin-Kabari, D. B. & Owuno, F. (2015).** Physicochemical and sensory evaluation of soy/carrot drinks flavoured with beetroot *African Journal of Food Science and Technology (ISSN: 2141-5455)*, 6(5) 136-140.
- Bhupinder, S., & Bahadur, S. (2014).** Chemical composition, functional properties and processingof Beetroot. *a review.IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* 263(2017)

**Blois, M. S. (1958).** Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 26, 1199–1200.

**Bottazzi, V., Battistotti, B. & Montescani, G. (1973).** Influence des souches seules et associées de *L. bulgaricus* et *Str. thermophilus* ainsi que des traitements du lait sur la production d'aldéhyde acétique dans le yaourt. *Istituto di Microbiologia Lattiero-casearia, Università' Cattolica del Sacro Cuore, Piacenza (Italie)*, 295-308.

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

**Bourlioux, P., Braesco, V. & Mater, D. D. G. (2011).** Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 46, 305-314.

**Brisabois, A., Lafarge, V., Brouillaud, A., De Buyser, M. L., Collette, C., Garin-Bastuji, B., & Thorel, M. F. (1997).** Les germes pathogènes dans le lait et les produits laitiers: situation en France et en Europe. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz*, 16(1), 452-471

## C

**Chevallier, A. (1996).** The Encyclopedia of Medicinal Plants. *Dorling Kindersley, London*.

**Couplan, F. (1998).** *guide nutritionnel des plantes* (DELACHAUX ET NIESTLE ed.)

**Czapski, J., Mikołajczyk, K. & Kaczmarek, M. (2009).** Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and contents of its betalain pigments. *Polish journal of food and nutrition sciences*, 59(2), 119-122.

## D

**Dhineshkumar, V. & Ramasamy, D. (2016).** Studies on Development of Yoghurt Flavoured with Beetroot Juice (*Beta vulgaris* L.). *International Journal of Advanced Research in Biological Sciences* 3(2), 108-117.

**Downie, S. R., & Katz-Downie, D. S. (1996).** A Molecular Phylogeny of Apiaceae Subfamily Apioideae: Evidence from Nuclear Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer Sequences. *American Journal of Botany*, 83, 234-251.

**Drouault, S. & Corthier, G. (2001).** Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *INRA, EDP Sciences*, 32, 101–117, France.

**Dupas, C. (2009).** *Influence des protéines laitières sur le pouvoir antioxydant et la biodisponibilité des polyphénols du café*. école nationale supérieure des industries agricoles et alimentaires (ensia). pp262.

## E

**Emelike , N. J. T., Hart , A. D. & Ebere , C. O. (2015).** Influence of Drying Techniques on the Sensory Properties, Physicochemical and Mineral Composition of Beetroot Juice. *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 9, 20-26.

**Everitt, B. S., Landau, S. & Leese, M. 2001.** *Cluster analysis.4ème éd. Arnold, London.*35-42

## F

**F.A.O.S.T.A.T. (2005).** Production de carotte au niveau mondial tonnages et surfaces cultivées Disponible sur [http://faostat3.fao.org/home/index\\_fr.html?locale=fr#SEARCH\\_DATA](http://faostat3.fao.org/home/index_fr.html?locale=fr#SEARCH_DATA).

**Fokone, AT, Edoun, M., Kuitche A. et Kengne C. (2013).** Modélisation de la cinétique de carotte (*Daucus carota*) [Modélisation de la cinétique de séchage de la carotte fraîche (*Daucus carota*)]. *Revue internationale de l'innovation et des études appliquées* , 4 (2), 375-381.

**Franscini, L. & Palma, S. (2018).** Nutrition et Alzheimer(Doctoral dissertation, Haute école de santé Genève).

## G

**Gaouar. (2011).** Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes. Thèse de magistère en Nutrition. Université Abou BakrBelkaid. Tlemcen. p 95.

**Giddey C. (1982).** Les produits à humidité intermédiaire : Cas particulier du problème de laconservation des produits à humidité intermédiaire .Ed.APRIA. Paris..pp : 21-28

**Giovanna, E. & Dellaglio, F. F. (2015).** Taxonomy of Lactobacilli and Bifidobacteria. *Intestinal Microbiol*, 8, 44-61,italy.

**Gulistan, E., Esengun, K., Hilmi, E. & Gunduz, O. 2007.** Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy*, 32, 35-41.

## H

**Heinonen, M. (1999).** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem*, 47, 3954-3962.

**Hess, S. J., Roberts, R. F. & Ziegler, G. R. (1997).** Rheological Properties of Nonfat Yogurt Stabilized Using Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus Producing Exopolysaccharide or Using Commercial Stabilizer Systems. *Journal of Dairy Science*, 80 (2) 252-263.

**Hoglinger, O. & Weghuber, J. (2015).** Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 46-55.

**Husson, F. & Pagès, J. (2003).** Comparison of sensory profiles done by trained and untrained juries: methodology and results. *Journal of Sensory Studies*, 18 (6), 453-464

## J

**Journal pédiatrie et puériculture, (1994).** Flash-informations diététique, extrait du bulletin APRIEL.

**Jeantet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuck P et Brule G. (2008).** Les produits laitiers (2e Ed.), Edition Tec et Doc, Lavoisier (3) Paris, p31

## K

**Kahkonen, M. P., Hopia, A. I., Vuorela, H. J., Rauha, J. P., Pihlaja, K., Kujala, T. S., & Heinonen, M. (1999).** Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J Agric Food Chem*, 47, 3954-3962.

**Khatabi, O., Hanine, H., Elothmani, D. & Hasib, A. (2013).** Extraction and determination of polyphenols and betalain pigments in the Moroccan Prickly pear fruits (*Opuntia ficus indica*). *Arabian Journal of Chemistry*, 3.

**Kiros, E., Seifu, E., Bultosa, G., & Solomon, W. K. (2016).** Effect of carrot juice and stabilizer on the physicochemical and microbiological properties of yoghurt. *Food Science and Technology*, 69, 191-196.

**Kjellenberg, L., Johansson, E., Gustavsson, K., & Olsson, M. (2010).** Effects of harvesting date and storage on the amounts of polyacetylenes in carrots, *Daucus carota*. *J Agric Food Chem*, 58(22), 11703-11708.

**Kjellenberg, L., Johansson, E., Gustavsson, K., & Olsson, M. (2012).** Polyacetylenes in fresh and stored carrots (*Daucus carota*): relations to root morphology and sugar content. *J Sci Food Agric*, 92(8), 1748-1754.

**Kumar, P. S., Bhaumik, A., Chopra, M., & Devi, K. N. (2016).** Evaluation of anti diabetic activity of ethanolic extract of beet root (*EEBT-Beta vulgaris*) against streptozocin induced diabetic rats. *Drug. Discov. Ther.* 4.

## L

**Lamaison, J. L. C. & Carnet, A. (1990).** Teneur en principaux flavonoïdes des fleurs de *Cratageusmonogyna* Jacq et de *Cratageuslaevigata* (Poiret D.C.) en fonction de la végétation. *Pharmaceutic Acta Helvetiae*, 65, 315-320.

**Lecerf, J. M. (2018).** Nutrition clinique pratique. Elsevier Masson SAS. ed.

**Legrand, M., & Vanstallen, M. (2000).** fumure azoté en betterave sucrière IRBAB (institut Royal Belge pour l'Amélioration de la Betterave).

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

**Leontowicz, M. S., Gorinstein, E., Bartnikowska, H., Leontowicz, G. & Kulasek (2001).** Les fibres alimentaires de la pulpe de betterave à sucre et du marc de pomme améliorent le métabolisme des lipides chez les rats nourris au cholestérol. *Food Chemistry*, 72 (1), 73-78.

**Lynda, K. & David, M. (2017).** Bifidobacterium bifidum: Le microbiote dans la physiopathologie gastro-intestinale. *Cahiers de nutrition et de diététique* 46, 131–133.

## M

**Maataoui, B. S., Hmyene, A., & Hilali, S. (2006).** Activites anti-radicalaires d'extraits de jus de fruits du figuier de barbarie (*opuntia ficus indica*). *Lebanese Science Journal*, 7, 3-8.

**Maiani, Castón, Catasta, Toti, Cambrodón, Bysted, & Granado-Lorencio. (2009).** Carotenoids: actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular nutrition & food research*, 53(2), 194-218.

**Madora, E. P., Takalani, T. K. & Mashau, M. E. 2016.** Physicochemical, microbiological and sensory properties of low fat yoghurt fortified with carrot powder. *Int J Agric & Biol Eng*, 9(1), 118 – 124.

**Markowicz Bastos, D. H., Saldanha, L. A., Catharino, R. R., Sawaya, A. C. H. F., Cunha, I. B. S., Carvalho, P. O., & Eberlin, M. N. (2007).** Phenolic Antioxidants Identified by ESI-MS from Yerba Maté (*Ilex paraguariensis*) and Green Tea (*Camelia sinensis*) Extracts. *Molecules*. 12, 423-432.

**Medkour, M., & Gasmi, K. (2017).** Investigation autour d'une chaine logistique agrolimentaire cas de la betterave. Université Abou-BekrBelkaid-Tlemcen,21-22.

**Molyneux, P. (2004).** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Journal of Science Technology*, 26 (2), 211-219.

**Mouhammedi Z. (2006).** Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentielles et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemcen. Laboratoires produits naturels.

## N

**Neelwarne, B (2012).** *Red Beet Biotechnology*. Food and Pharmaceutical Applications-Springer US .pp 435.

**Nguyet, H. T. T. (2008).** étude de la flore lactique du nem chua, produit carné fermenté cru traditionnel du sud vietnam et maîtrise du processus de fermentation par ajout de souches lactiques sélectionnées spécifiques du produit. bordeaux 1.

**Ninfali, P., Bacchiocca, M., Antonelli, A., Biagiotti, E., Di Gioacchino, A. M., Piccoli, G., & Brandi, G. (2007).** Characterization and biological activity of the main flavonoids from Swiss Chard (*Beta vulgaris* subspecies *cycla*). *14*, 216–221.

**Noblet, B. (2012).** Le lait : produits, composition et consommation en France. *Cahiers de nutrition et de diététique*, *47*, 242-249.

## O

**Olalude, C. B., Oyedeji, F. O. & Adegboyega, A. M. (2015).** Physico-Chemical Analysis of *Daucus Carota* (Carrot) Juice for possible industrial applications. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, *8*, 110-113.

## P

**Patharkar, S. R., Shendge, S. N. & Khapre, A. P. (2017).** Study of physico-chemical parameters of orange (*Citrus reticulata* Blanco) for the development of orange wine. *Journal of Applied and Natural Science*, *9* (4), 2305 - 2308.

**Pedreno, M. A., & Escribano, J. (2001).** Correlation between antiradical activity and stability of betanine from *Beta vulgaris* L roots under different pH, temperature and light conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *81*, 627–631.

**Péroumal, A. (2014).** Caractérisation des fruits et de la pulpe de six accessions de *Mammea americana*: Aptitude à la transformation des fruits et caractérisation des composés phénoliques de la pulpe, Université des Antilles-et de la Guyane, pp :83.

**Porto, M. A., Okina, V. S., Tatiana, C., Pimentel, & Prudencio, S. (2017).** Physicochemical Stability, Antioxidant Activity, and Acceptance of Beet and Orange Mixed Juice during Refrigerated Storage. *Beverages*, *3*(36), 2-12.

**Prasad K.N., Yang B., Yang S., Chen Y., Zhao M., Ashraf M. & Jiang Y. (2009).** Identification of phenolic compounds and appraisal of antioxidant and antityrosinase activities from Litchi (*Litchi Sinensis* Sonn) seeds. *Food Chemistry*, 116:1-7.

**Przybylska, K., Bennett, R., Kromer, K. & M. Gee, J. (2007).** assessment of the antiproliferative activity of carrot and apple extracts. *polish journal of food and nutrition sciences*, *57*(3), 307–314.

## R

**Reid, D. S. (2003).** Traditional Indirect Methods for Estimation of Water Content: Measurement of °Brix. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, University of California at Davis Davis, California. pp 141-145.

**Ribereau-Gayon, P. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Ed : Dunod. Paris, pp : 1-201.

**Rossetto, R. M. M., Vianello, F., Rocha, S. A. D. & Lima, G. P. P. (2009).** Antioxidant substances and pesticide in parts of beet organic and conventional manure. *African Journal of Plant Science*, 3 (11), 245 - 253.

**Ross, W. R., & Victor, R. (2009).** Bioactive foods in promoting health: fruits and vegetables. 655.

## S

**Savadogo, A. & Traore, A. S. (2011).** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 2057-2075.

**Sawicki, T., Martinez-Villaluenga, C., Frias, J., Wiczowski, W., Peñasb, E., Bączek, N. & Zieliński, H. (2019).** The effect of processing and in vitro digestion on the betalain profile and ACE inhibition activity of red beetroot products. *Journal of Functional Foods*, 55, 229–237.

**Silici, Sibel, SAGDIC, Osman, EKICI, & Lutfiyevol. (2010).** Total phenolic content,antiradical, antioxidant and antimicrobial activities of Rhododendron honeys. *Food Chemistry*, 121(1), 238-243.

**Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics withphosphomolybdic– phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 (3), 144–158.

**Slavov, A., Karagyozev, V., Denev, P., Kratchanova, M. & Kratchanov, C. (2013).** Antioxidant Activity of Red Beet Juices Obtained after Microwave and Thermal Pretreatments. *Czech J. Food Sci.*, 31, 139 – 147.

**Smati, I., Bettaieb Rebey, I., Hammami, M., Hamdaouii, G. & Saidai Tounsi, M. (2017).** Variation de la qualité du jus de citron (Citrus limon L.) au cours de la maturation fruit. *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology*, 43(1), 2334-2343.

**Syndifrais, M. S. D. (1997).** Yaourts, laits fermentés. *le lait Institut National Recherche Agroalimentaire Ed Saint-Peter sbourg*, 77, 321-358,fance

## T

**Tailliez, P. (2001).** les bactéries lactiques, ces êtres vivants apparus il y a près de 3 milliards d'années. *Le Lait, INRA Editions*, 81(1-2), 1-11.

**Thomas, B., Rasmussen, M., Danielsen, O., Valina, C., Garrigues, E., Johansen, M. & Pedersen1, B. (2008).** Streptococcus thermophilus Core Genome: Comparative Genome Hybridization Study of 47 Strains. *applied and environmental microbiology*, 74, 4703–4710

**Tufféry S., 2012.** Data mining et statistique décisionnelle: l'intelligence dans les bases de données.Ed; Technip. Paris - France; 293 pp.

## U

**Urbain, Z. (2016).** *Contribution a la valorisation du yaourt de soja*, Edition universitaires européennes

## V

**Vergara.C, Saavedra.J, Sáenz.C, García.P, & Robert.P. (2014).** Microencapsulation of pulp and ultrafiltered cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) extracts and betanin stability during storage. *Journal of Food Chemistry*, 157, 246-251.

**Vinson, J., Hao, Y., Su, X., & Zubik, L. (1998).** Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 3630–3634

**Vuorela, S. (2005).** Analysis, isolation, and bioactivities of rapeseed phenolics. Département of applied chemistry, microbiology and food chemistry. University of Helsinki. pp : 9-70.

## W

**Witherspoon, J. M., & Jackson, J. F. (1995).** analysis of fresh and dried apricot, In: Modern Methods of Plant Analysis. 18(eds H F.Linskens Fruit Analysis J.F & Jackson.pp.111-131. Springer-Verlag, Berlin.

**Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Muller, U., Hoglinger, O. & Weghuber, J. (2015).** Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, 42, 46-55.

## Z

**Zainoldin, K. H. & Baba, A. S. (2009).** The Effect of *Hylocereus polyrhizus* and *Hylocereus undatus* on Physicochemical, Proteolysis, and Antioxidant Activity in Yogurt World Academy of Science, Engineering and Technology. *International Journal of Biological, Biomolecular, Agricultural, Food and Biotechnological Engineering* 3(12), p 586.

**Zhang, D., & Hamauzee, Y. (2004).** Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Food Agric Environ*, 2, 95 -101.

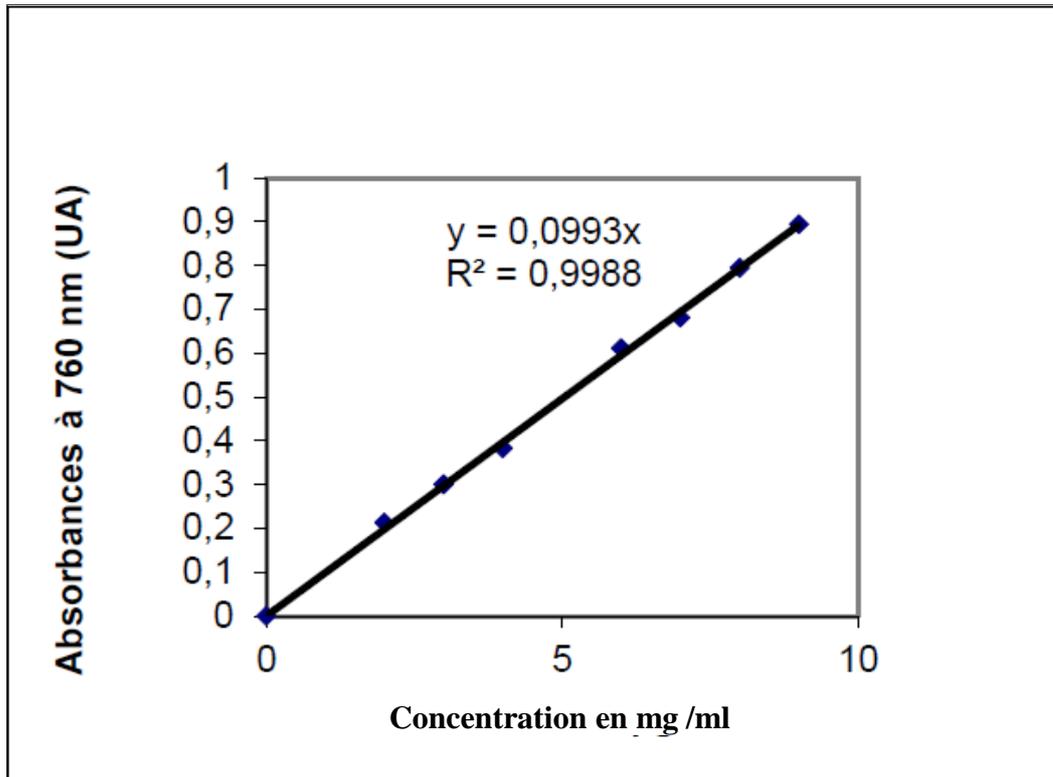
**Zykevičiūtė, L. Česonienė & R. Karklelienė. (2013).** The influence of the sample preparation of carrots (*Daucus carota* L. Neptun) on the antioxidant activity and phenolic compounds. *biologija*, 59 (2) 187–194.



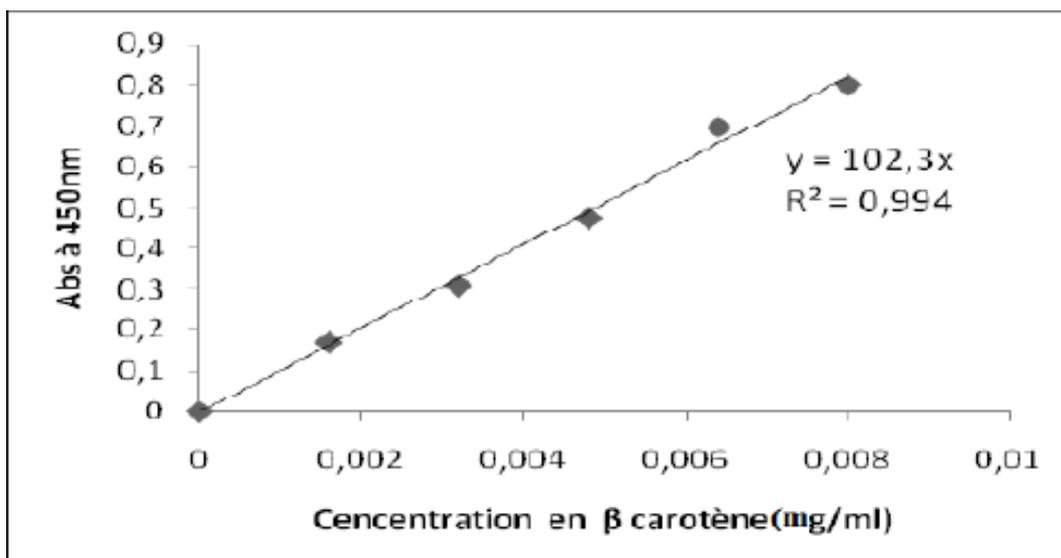
**Annexes**

## Annexe I

### Annexe I.1 : Courbe d'étalonnage de dosages des polyphénols totaux



### Annexe I.2. Courbe d'étalonnage pour les caroténoïdes



**Annexe II**

**TABLE DE MAC GRADY POUR 2 TUBES PAR DILLUTION**

Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP	Nombre de tubes positifs au niveau de trois taux de dilutions retenus			NPP
0	0	0	< 0,5	1	2	1	3,0
0	0	1	0,5	2	0	0	2,5
0	1	0	0,5	2	0	1	5,0
0	1	1	0,9	2	1	0	6,0
0	2	0	0,9	2	1	1	13,0
1	0	0	0,6	2	1	2	20,0
1	0	1	1,2	2	2	0	25,0
1	1	0	1,3	2	2	1	70
1	1	1	2,0	2	2	2	> 70
1	2	0	2,0				

### Annexe III

## Questionnaire d'évaluation sensorielle de cinq échantillons de yaourts brassé

Age :

Date :

Sexe : Féminin

Masculin

Trois échantillons de yaourt brassé vous sont présentés, il vous est demandé D'évaluer les différentes caractéristiques organoleptiques en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée.

NB : veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon

### I-Odeur :

1-Absente

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

2-Faible

3-Moyenne

4-Forte

5-Très forte



### **L'odeur vous l'appréciez ?**

1-Non appréciée

2-Peu appréciée

3-Moyennement appréciée

4-Bien appréciée

5-Très appréciée

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

### II- Couleur :

1-Blanc

2-Beige

3-Rose

4-Rose foncé

5-Violet

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

### **La couleur du yaourt vous l'appréciez ?**

1-Non appréciée

2-Peu appréciée

3-Moyennement appréciée

4-Bien appréciée

5-Très appréciée

Echantillon A	EchantillonB	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

### **III- Saveur :**

#### **a-Saveur sucrée :**

1-Absente

2-Faible

3-Moyenne

4-Forte

5-Très forte

Echantillon A	EchantillonB	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

#### **b-Saveur acide :**

1-Absente

2-Faible

3-Moyenne

4-Forte

5-Très forte

EchantillonA	EchantillonB	EchantillonC	Echantillon D	Echantillon E

#### **c-Fruit identifié :**

1-Absent

2-non identifié

3-betterave

4-Fraise

5- carotte

Echantillon A	EchantillonB	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

**d- L'intensité de la saveur (Arôme) :**

1- Absent

2- faible

Echantillon A	Echantillon B	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

3- Moyenne

4- Forte

5- Très forte

**IV- Texture :**

**a-Texture en bouche :**

1-Très granuleuse

2-Granuleuse

3-Peu granuleuse

Echantillon A	EchantillonB	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

4-lisse

5-Très lisse

**b-Consistance quand on mélange (5 fois) :**

1-Liquide

2-Trop mou

Echantillon A	EchantillonB	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

3-Mou

4-Ferme

5-Trop ferme

## Questionnaire d'évaluation sensorielle de cinq échantillons de yaourts brassé

Age :

Date :

Sexe : Féminin

Masculin

### V- Préférence :

Attribuer une note entre 1 et 9 pour chaque échantillon selon son appréciation comme présenté dans l'échelle ci-dessous :

-Extrêmement désagréable

-Très désagréable

- Désagréable

- Assez désagréable

Echantillon A	EchantillonB	Echantillon C	Echantillon D	Echantillon E

- Ni agréable ni désagréable

-Assez agréable

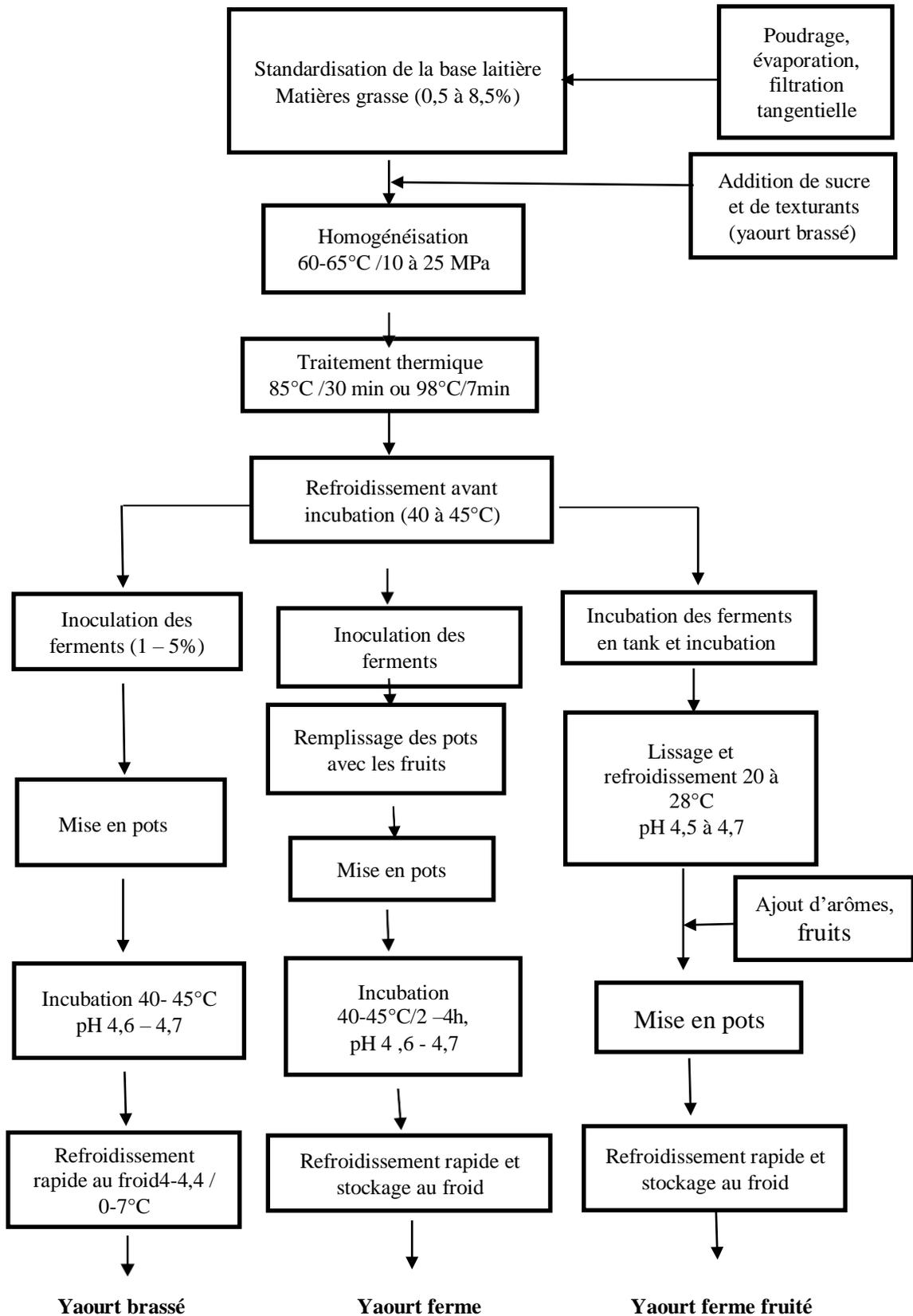
Agréable

-Très agréable

9-Extrêmement agréable

## Annexe IV

Diagramme présentant la technologie du yaourt (Jeantet, 2008).



## Résumé

Ce travail vise la valorisation des légumes (betterave et carotte) par la formulation de deux yaourts enrichis par les jus de ces derniers. Une caractérisation physico-chimique et phytochimique des jus de carotte et de betterave a été mise en œuvre en étudiant les paramètres suivants : humidité (96,86 et 93,04%), pH (6,32 et 6,55), taux de cendres (0,38 et 0,37%), teneur en polyphénols totaux (29,5 et 644,77 mg EAG/100 g MS), DPPH' (IC<sub>50</sub>= 11,02 et 5,74 mg/mL) et un pouvoir réducteur (0,04 et 0,1 mg/ mL MS) respectivement. La préparation des yaourts enrichis a été réalisée à l'échelle de laboratoire en respectant un diagramme de fabrication d'un yaourt standard avec l'ajout des jus. Les analyses réalisées pour le yaourt à base de jus de carotte ont donné les résultats suivants: pH (4,36), acidité (0,144%), humidité (85,12%), caroténoïdes (0,66 mg E β-carotène/100 g MS), polyphénols totaux (0,84 mg EAG/100 g MS) et flavonoïdes (0,01 µg EQ/100 g MS). Pour le yaourt à base de jus betterave-orange, les différentes analyses ont donné: un pH de 4,49 ; une acidité de 0,144% et 85,22% d'humidité, une teneur en bétalains de 1,82 mg/100 g ; 0,86 mg EAG/100 g de polyphénols totaux et 0,06 µg EQ/100 g de flavonoïdes. Les analyses microbiologiques (coliformes totaux, flore totale aérobie mésophile et *E.Coli* les levures et moisissures) sont conformes aux normes en vigueur. L'analyse sensorielle a montré que le degré d'appréciation du yaourt enrichi avec du jus de carotte est entre 80 à 100%, et il est de 20% à 40% pour le yaourt enrichi avec du jus de betterave-orange.

**Mots clés :** Yaourt ; jus de betterave ; jus de carotte ; activité antioxydante ; composés phénoliques ; qualité microbiologique ; qualité physico-chimique ; qualité sensorielle.

## Abstract

This work aims at the valorization of vegetables (beet and carrot) by the formulation of two yogurts enriched by the juices of the latter. A physico-chemical and phytochemical characterization of carrot and beet juice was carried out by studying the following parameters: humidity (96.86 and 93.04%), pH (6.32 and 6.55), ash (0.38 and 0.37%), total polyphenol content (29.5 and 644.77 mg/GAE 100g DM), DPPH' (IC<sub>50</sub> = 11.02 and 5.74 mg/mL) and a reducing power (0.04 and 0.1 mg/mL DM) respectively. The preparation of the enriched yogurts was carried out on a laboratory scale in accordance with a standard yoghurt production chart with the addition of juices. The analyzes carried out for yoghurt made from carrot juice gave the following results: pH (4.36), acidity (0.144%), humidity (85.12%), carotenoids (0.66 mg β-carotene E/100 g DM), total polyphenols (0.84 mg GAE/100 g DM) and flavonoids (0.01 µg QE/100 g). For yogurt made from beetroot juice, the various analyzes gave: a pH of 4.49; an acidity of 0.144% and 85.22% moisture, a betalains content of 1.82 mg/100 g DM, 0.86 mg GAE/100 g of total polyphenols and 0.06 µg QE/100 g DM of flavonoids. Microbiological analyzes (total coliforms, total aerobic mesophilic flora and *E.Coli*, yeasts and molds) are in accordance with standards. Sensory analysis has shown that the degree of appreciation of yogurt enriched with carrot juice is between 80 to 100%, and it is 20% to 40% for yoghurt enriched with beetroot juice.

**Key words:** Yoghurt; beet juice; carrot juice; antioxidant activity; phenolic compounds; microbiological quality; physico-chemical quality; sensory quality.