

Réf :.....

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

MASTER

Thème

**Comparaison des propriétés d'un jus
conditionné en bouteille en verre avec un
jus conditionné en bouteille en plastique.**

Présenté par :

KHEMCHANE Naima & TOUATI Amira

Soutenu le : **30/06/2019**

Devant le jury composé de :

Mme Yahiaoui H
Mme Keramane B
Mme Faradji S

MCA
MAA
MAA

Présidente
Encadreur
Examinatrice

Année universitaire : 2018 / 2019

Remerciement

*On tient à remercier Dieu qui nous 'a donné le courage pour réaliser ce
modeste travail et le mener jusqu'au bout.*

*Du profond de nous cœur, on tient à remercier Mme KERAMMENE,
notre promotrice, pour avoir suivi et orienté ce travail.*

Nos vifs remerciements aux membres de jury

Nous tenons également à exprimer nos remerciements :

À la responsable du département de qualité à CEVETAL unité d'Elkseur

Madame OUATAH Siham

*Et les ingénieures de laboratoire : Fayçal, Amine, Nassim, Mouloud, Marieme
et Sonia. Ainsi toute l'équipe de l'laboratoire de qualité.*

On 'adresse également notre profonde gratitude à :

Madame ADRAR, la technicienne de laboratoire de génie des procédés.

*En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos Parents,
amis et nos proches pour le soutien et leur contribution.*

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes très chers parents mon Papa Achour et ma mère Samia
que je remercie infiniment pour leurs encouragements et leur soutien ;*

Merci d'être là à mes côtés, que dieu

Vous garde

Mon très cher frère Madjid

Mes sœurs : Sara, Célia, Leïla

Mon oncle : Ouati

Mon oncle : Hamza et son épouse Samira

Mes tantes et leurs époux

A ma meilleure amie Yasmine Khimozi

A mes amies : Ratiba, Faten, Lydia, Sofonia, Asma, Yasmine

A tous mes amis

*A Ceux qui me sont très chers et qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce
travail.*

Naima

Dédicaces

Je dédie ce travail à mon très cher PAPA paix à son âme et ma très chère MAMAN.

J'adresse un énorme remerciement à mon très cher PAPA Mouhend paix à son âme qu'est à été mon soutien, mon pilier et mon exemple dans tout mon cursus scolaire ainsi que ma très chère MAMAN qui Je remercie pour tout le soutien que elle ma portée.

Egalement je remercie mes sœurs et leursépoux :Nadia,Souhila,Samia,Nassima,Omar,Moussa, Oukeba, Karim et mes frères : Rabah, Boussad et Amirouche pour leurs encouragement et soutien.

*Je tien également à remercie mes amis(es) : Thiziri, Thinhinane, Fatema, Sara A, Sara B, Nawal, Chahinez et reny pour leur aide.
Un grand merci pour mon binôme et mon amie Naima.*

AMIRA

Sommaire

Table des matières

Liste des tableaux

Liste de figures

Liste des abréviations

Introduction 1

Partie théorique

Jus d'orange : 3

1.2. Composition et valeur nutritionnelle d'un jus d'orange : 3

1.3. Procèdes de fabrication de jus d'orange : 3

1.3.1. Traitement des eaux : 3

1.3.2. Préparation du jus : 4

2. Le polyéthylène téréphtalate (PET) : 4

2.1. La structure du polyéthylène téréphtalate (PET) : 4

2.2. Synthèse du PET : 5

2.2.1. Synthèse à partir de l'acide téréphtalique et de l'éthylène glycol : 5

2.2.2. Synthèse à partir du diméthyle téréphtalate et de l'éthylène glycol : 6

2.3. Propriétés de PET : 7

2.3.1. Propriétés barrières : 7

2.3.2. Propriétés thermiques : 8

2.3.3. Propriétés thermomécaniques : 8

2.3.5. Propriétés chimiques : 8

2.4. Dégradation du PET : 8

2.4.1. Dégradation thermique : 9

2.4.2. Décomposition par hydrolyse et par oxydation : 9

2.5. Interactions entre contenant (PET) et contenu (aliment) : 10

2.5.1. La migration : 10

2.5.2. La sorption : 11

2.5.3. La perméation :	11
3. Le verre(RB) :	12
3.1. La structure du verre :	12
3.2. La synthèse du verre :	12
3.3. Les avantages :	13
3.4. Les inconvénients :	13
3.5. Interactions entre contenant (verre) et contenu (jus) :	13

Matériel et méthodes

1. Échantillonnage :	14
2. Analyse physicochimique :	14
2.1. Détermination du pH :	14
2.2. Détermination du degré de Brix :	15
2.3. Détermination de l'acidité titrable :	16
2.4. Test d'absorption d'eau :	16
2.5. Dosage spectrophotométrique de l'acide ascorbique :	16
2.6. Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF):	18
3. Analyses microbiologiques :	18
3.1. Recherche des coliformes :	18
3.2. Recherche des levures et moisissures :	19
4. Analyse statistique des résultats :	19

Résultats et discussion

1. Contrôle de qualité du produit fini.....	20
2. Etude de l'influence des différents paramètres sur le produit :	20
2.1. Étude des variations de pH :	20
2.1. Etude des variations d'acidité :	22
2.2. Evaluation du Brix :	24
2.3. Evaluation de la teneur en acide ascorbique :	26
2.4. Analyses microbiologiques des différents échantillons :	27
2.5. Discussion des résultats obtenus pour l'influence des paramètres sur le produit :	27
3. Etude de l'influence des différents paramètres sur le conditionnement :	30
3.1. Teste d'absorption du PET :	30
3.2. Analyse par infrarouge du PET :	32

Conclusion..... 35

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des tableaux

Tableau I : les principaux constituants du jus d'orange (quantité pour 100g de jus).....	3
Tableau II : Propriétés barrières du PET amorphe et semi-cristallin T=25°C.....	7
Tableau III : Résultats de la recherche et du dénombrement des coliformes, levures et moisissures des différents échantillons.....	28
Tableau IV : Résultats du poids des éprouvettes des échantillons à 23°C, 40°C et 60°C avant immersion, après immersion et après séchage	31
Tableau V : Pourcentage de variation de masse à 23°C, 40°C et 60°C.....	32

Liste des figures

Figure 1: Formule développée du PET .	5
Figure 2: Synthèse de PET à partir de l'acide téréphthalique et de l'éthylène glycol.	6
Figure 3: Synthèse de PET à partir du diméthyle téréphthalate et de l'éthylène glycol.	6
Figure 4: Schéma réactionnel de la dégradation du PET par scission de chaîne.	9
Figure 5: Dégradation du PET par hydrolyse.	10
Figure 6: Schéma des différentes interactions possible entre contenant et son contenu.	10
Figure 7: Les facteurs influant sur la migration.	10
Figure 8: Structure de verre de silice pure.	12
Figure 1: pH mètre.	15
Figure 2: Réfractomètre.	15
Figure 3: Spectrophotométrie UV/VISIBLE.	17
Figure 12 : Evaluation du pH du jus d'orange pour les deux lignes PET et RB.	21
Figure 13 : Résultats de l'analyse statistique par le test LSD (1 : effet du conditionnement sur le pH, 2 : effet du temps sur le pH, 3 : effet de la température sur pH).	22
Figure 14 : Evaluation de l'acidité du jus d'orange pour les deux lignes PET et RB.	23
Figure 15 : Résultat de l'analyse statistique par le test LSD (1 : effet du conditionnement sur l'acidité, 2 : effet du temps sur l'acidité, 3 : effet de la température sur acidité).	24
Figure 16 : Evaluation du Brix du jus d'orange des deux lignes RB et PET.	25
Figure 17 : Le résultat d'analyse statistique par le test LSD (1 : effet du conditionnement sur le Brix, 2 : effet du temps sur le Brix, 3 : effet de la température sur le Brix).	26
Figure 18 : Concentrations de l'acide ascorbique des jus des deux lignes PET et RB.	27
Figure 19 : Voie de dégradation aérobie d'acide ascorbique en solution aqueuse.	29
Figure 20 : Voie de dégradation anaérobie de l'acide ascorbique en solution aqueuse.	29
Figure 21 : Voie de dégradation de l'acide ascorbique et effets sur la qualité de jus.	30
Figure 22 : Spectres infrarouge des différentes éprouvettes de PET ayant contact avec le jus à 23°C, 40°C et 60°C.	33

Liste des abréviations

ANOVA : Analyse de la variance.

AT : Acide Téréphtalique.

BLST : Bouillon Lauryl Sulfate Tryptose.

CH₃COOH : Acide acétique.

CMC : CarboxyMethyl Cellulose.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

DMT : Diméthyle Téréphtalate.

DSC : Calorimétrie Différentielle à Balayage.

EG : Ethylène glycol..

HCl : Chlorure d'hydrogène.

HSD : Haut Significatif Différentiel.

H₂SO₄ : Acide sulfurique.

LSD : Less Significatif Différentiel..

MPa : Méga Pascal.

NaOH : Hydroxyde de sodium..

OGA : Oxytétracycline Gélose Glucosée.

O₂ : Dioxygène.

PE : Polyéthylène.

PET : Polyéthylène Téréphtalate.

pH : potentiel d'hydrogène.

PP : Polypropylène.

PS : Polystyrène.

RB : Ray-Ban (bannir les rayons du soleil).

T : température.

°B : degré de Brix.

°C : degré de Celsius.

Introduction

Introduction

Introduction

Une consommation régulière de fruits et de légumes garantit une alimentation riche en minéraux et en vitamines qui jouent un rôle important dans le métabolisme des êtres vivants. En effet, parmi ces vitamines la vitamine C qui ne peut pas être synthétisée par le corps humain, l'alimentation est donc le seul moyen d'avoir un apport en vitamine C (Lemerini, 2006 ; Ward, 2014).

Le jus d'orange est parmi les aliments les plus riches en vitamine C et les plus demandés et consommés de tous les jus de fruits, les consommateurs sont de plus en plus dans la demande de jus de haute qualité, qui contiennent des nutriments indispensables à l'organisme tels que les polyphénols et la vitamine C connue pour leur potentiel antioxydant. Cependant, la consommation quotidienne de fruits et légumes préconisée par le Plan National de Nutrition et Santé semble difficile à atteindre. Les obstacles à la consommation de ces produits sont leur prix élevé, leur saisonnalité, leur fragilité et leur faible durée de conservation (Benaïche, 2001).

Pour garder le niveau organoleptique, les industriels agroalimentaire doivent répondre au besoins des consommateurs, pour cela, ils cherchent à garder la qualité de la matière première tout en utilisant des conditionnements (emballage) qui préservent cette qualité. Les emballages sont omniprésents dans la vie du consommateur, Parmi eux, les emballages en carton stratifié et en verre qui ont été largement utilisés comme conteneurs pour les jus de fruits, car ils offrent un certain nombre d'avantages (Verdu, 1990 ; Kouame Stéphane, 2009).

Les emballages en matière plastique sont en constante évolution, donnant lieu à une diversité d'applications. L'emballage plastique dit thermoplastique est un acteur présent dans plusieurs secteurs d'industrie et de la distribution agro-alimentaire. Il joue un rôle actif et positif dans la chaîne du produit jusqu'à l'utilisateur final (Boussoum, 2012).

Il existe des problèmes de compatibilité entre ces emballages et les aliments. En effet, la mise en contact d'un emballage plastique avec un aliment peut être source d'interactions réciproques entre contenu et contenant qui est inévitable, il est donc possible que leurs constituants chimiques migrent dans les denrées alimentaires emballées. Des quantités infimes de constituants chimiques peuvent être libérées au contact de certains types d'aliments. Cette libération de substances chimiques est techniquement appelée migration et peut être définie scientifiquement comme transfert de masse à partir d'une source externe dans

Introduction

les aliments. Elles entraînent parfois des défauts de qualité tant sur le plan organoleptique que toxicologique (Boussoum, 2012).

Notre étude englobe deux aspects qui visent à comparer entre les propriétés physicochimiques et microbiologiques des produits finis conditionnés en bouteilles en plastiques PET et celles conditionnés en bouteilles en verre RB et d'étudier l'influence des paramètres température et temps sur le conditionnement et son interaction avec le produit.

Notre mémoire s'articule comme suit :

- Nous allons commencer par une revue bibliographique qui vise à éclairer sur l'effet du conditionnement sur le jus et l'ensemble des interactions entre produit et emballage.
- Ensuite nous présenterons la partie expérimentale dans laquelle on expliquera les différentes techniques et méthodes utilisées pour évaluer les différences entre les deux lignes de produits exposés aux différents paramètres.
- Nous exposerons dans une troisième partie les résultats obtenus ainsi que leur discussion

En fin nous clôturerons par une conclusion et des perspectives.

Partie théorique

Partie théorique

1. Le jus d'orange :

Le jus est un produit liquide dont les propriétés physiques, chimiques et sensorielles sont ressenties par simple pression du fruit, sans rajout de sucre ou d'additifs (Hendrix et Redd, 1995).

1.1. Composition et valeur nutritionnelle d'un jus d'orange :

Le jus d'orange est une source importante de composés possédant une activité anti-oxydante et reconnus comme bénéfiques pour la santé humaine, les jus de fruits sont composés généralement de 90% d'eau et des quantités importantes de vitamine C, vitamine B9 et autres vitamines en quantité faible. (Lopez et al. 2002).le tableau 1 regroupe les principaux constituants du jus d'orange.

Tableau I: les principaux constituants du jus d'orange (quantité pour 100g de jus). (Berlinet, 2006)

Constituent (unité)	Quantité pour 100g de jus
Eau (g)	87-92
Glucides(g)	9,2-9,5
Protéines(g)	0,109
Lipides(g)	0,189
Flavonoïde (mg)	-
Caroténoïde (mg)	0,2-0-3,5
Acide ascorbique (mg)	44,5-68,8
Acide malique (mg)	937-966
Acide citrique (mg)	160-164

1.2. Procèdes de fabrication de jus d'orange :

1.2.1. Traitement des eaux :

Le traitement des eaux est une étape très importante dans la fabrication de jus. Cette eau est dite eau de procès, elle passe par plusieurs étapes afin d'apporter une qualité hygiénique et organoleptique au produit. L'Annexe 1 résume les étapes de ce traitement.

Partie théorique

1.2.2. Préparation du jus :

Dans l'industrie du jus d'orange un grand nombre d'opérations peuvent se regrouper en trois filières :

- La production agricole et les opérations post-récoltes.
- L'industrie d'extraction et de conditionnement et la filière d'entreposage,
- Le transport et la commercialisation du jus conditionné. Les étapes sont détaillées dans l'Annexe 2.

Le produit fini doit être conditionné (commercialisation, conservation) pour garder ses propriétés physicochimique et microbiologique. Les conditionnements les plus utilisés sont les bouteilles en plastique (PET) ou en verre.

2. Le polyéthylène téréphtalate (PET) :

Dans l'industrie l'utilisation de plastique comme matériaux de conditionnement des produits alimentaires notamment les jus et les boissons conditionnées remplacent de plus en plus le verre.

Le plastique composé de polyéthylène téréphtalate est parmi les matériaux les plus utilisés comme emballages, dans notre étude, nous nous intéressons à ce matériau car il est largement utilisé comme emballage dans l'industrie alimentaire, plus précisément pour le conditionnement des liquides, tel que les eaux, les sodas et les huiles alimentaires. Ses propriétés physiques remarquables font de lui un polymère intéressant et une très bonne alternative au verre (Pierre, 2001).

Le polyéthylène téréphtalate (PET) est un polymère semi-cristallin appartenant à la famille des polyesters thermoplastiques, considéré comme un excellent matériau pour de nombreuses applications. Il est largement utilisé pour la fabrication des bouteilles (Alrayes, 2013).

3.1. La structure du polyéthylène téréphtalate (PET) :

Les monomères, l'éthylène glycol et l'acide téréphtalique forment un polyester linéaire le polyéthylène téréphtalates, qui constitue l'unité de répétition. Ils sont représentés dans la figure suivante :

Partie théorique

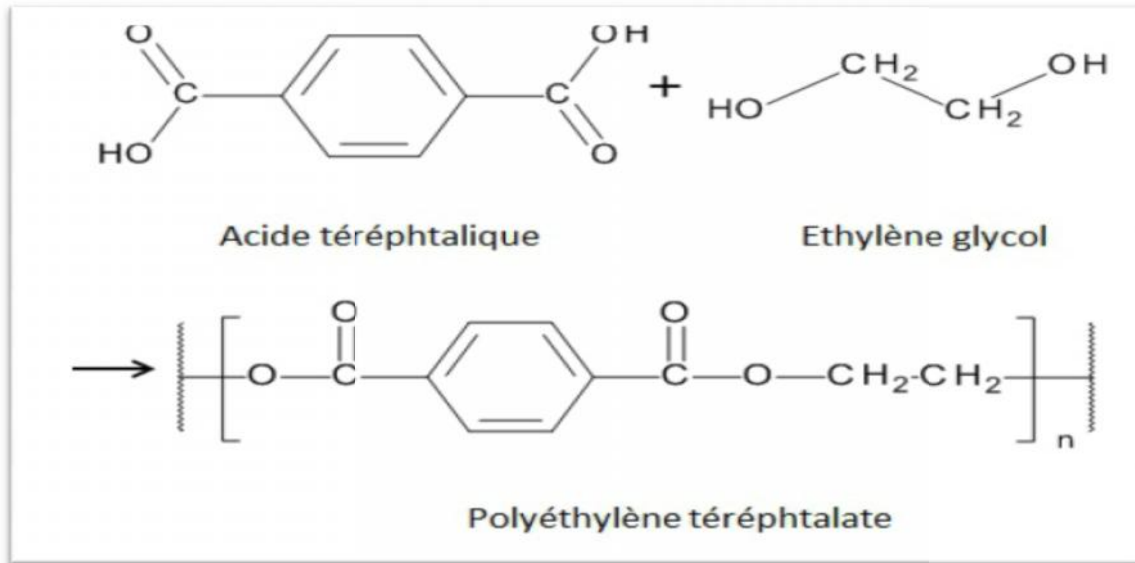


Figure 1: Formule développée du PET (Trotignon, 2006).

La structure chimique du polyéthylène téréphtalates constitue un groupement rigide qui confère une cohésion au polymère (Alrayes, 2013).

3.2. Synthèse du PET :

Le PET peut être produit par différentes voies de synthèse. Industriellement, les deux principales voies utilisées sont :(Nait Ali, 2008 ; Alrayes, 2013)

- La synthèse à partir de l'acide téréphtalique et de l'éthylène glycol.
- La synthèse à partir du diméthyle téréphtalate et de l'éthylène glycol.

3.2.1. Synthèse à partir de l'acide téréphtalique et de l'éthylène glycol :

La pré-polycondensation de l'acide téréphtalique (AT) et de l'éthylène glycol (EG) ne nécessite pas la présence d'un catalyseur puisque les groupements acides carboxyliques de l'AT sont réactifs et catalytiques (figure 2).

La réaction se fait néanmoins à haute température (270-280°C) et sous vide (0,3-0,5MPa) jusqu'à ce que le rapport [EG]/ [AT] soit compris entre 1,3 et 1,5. L'eau et l'EG en excès sont alors éliminés à la fin de cette réaction qui dure entre 3 et 4h. (Verdu, 1990; Trotignon, 2006 ; Nait Ali, 2008)

Partie théorique

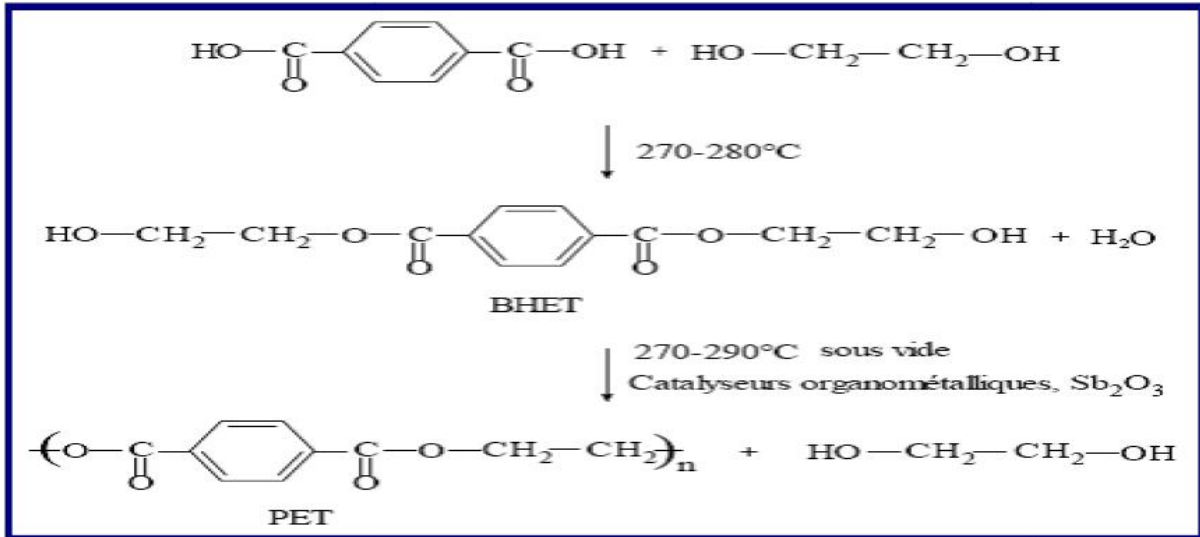


Figure 1: Synthèse de PET à partir de l'acide téréphtalique et de l'éthylène glycol (Verdu, 1990).

3.2.2. Synthèse à partir du diméthyle téréphtalate et de l'éthylène glycol :

Le mélange de diméthyle téréphtalate (DMT) et d'éthylène glycol (EG) est porté à une température variante entre 150°C et 200°C, sous vide. La réaction nécessite l'addition d'un catalyseur (sel métallique) (figure 3). Lorsque le rapport [EG] / [DMT] est compris entre 1,7 et 2, le catalyseur est désactivé pour éviter une augmentation de la vitesse de dégradation thermique du polymère. A la fin de la réaction, les excès en EG et en méthanol sont distillés (Nait Ali, 2008 ; Alrayes, 2013).

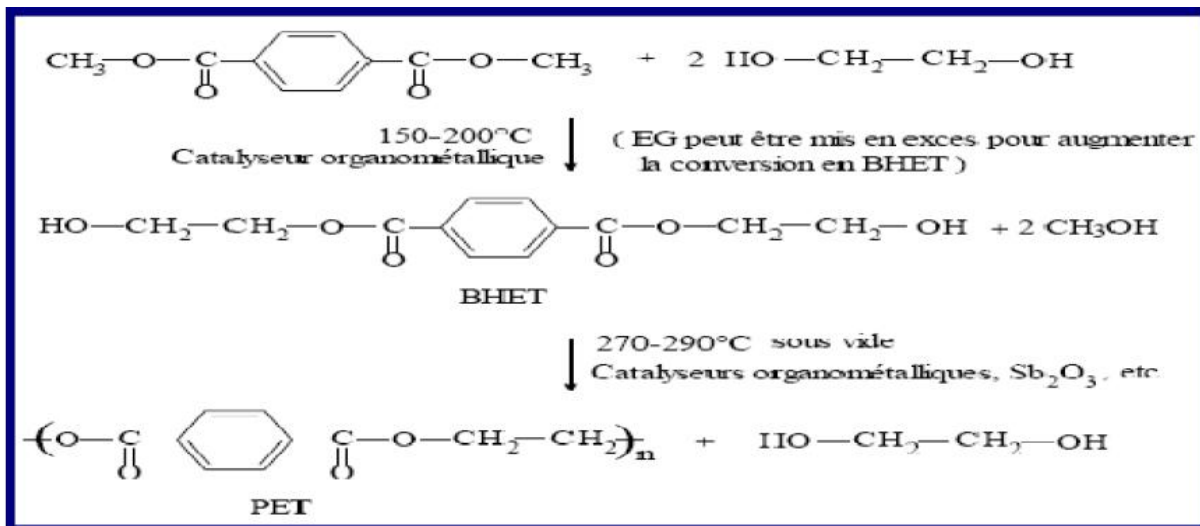


Figure 2: Synthèse de PET à partir du diméthyle téréphtalate et de l'éthylène glycol (Verdu, 1990).

Partie théorique

3.3. Propriétés de PET :

Le PET possède une bonne résistance chimique, une faible perméabilité aux gaz et à la vapeur d'eau, un faible poids moléculaire, une grande résistance aux chocs et un procédé de recyclage assez facile à mettre en œuvre (Ceretti et al. 2010).

Ces propriétés sont classées en quatre types :

3.3.1. Propriétés barrières :

Le PET semi-cristallin est bien connu pour sa faible perméabilité aux gaz et a certains solvants. A titre d'exemple une qualité importante dans le cadre de fabrication de bouteilles contenant des sodas ou des boissons gazeuses, dont il est indispensable de préserver le plus longtemps possible la nature gazeuse. Le tableau II recense les propriétés barrières du PET en fonction de sa cristallinité (Verdu, 1990).

Tableau II : Propriétés barrières du PET amorphe et semi-cristallin T=25°C (Petit-Boileau S, 2003).

	Coefficient de perméabilité (Cm ³ x10 ¹³)	Coefficient de diffusion (Cm ⁶ .S ⁻¹ x10 ⁶)	Solubilité (Cm ³ x10 ⁶)
PET amorphe			
Azote N ₂	0,011	0,0019	0,55
Oxygène O ₂	0,044	0,0015	0,98
Dioxyde de carbone CO ₂	0,227	0,0008	28
PET semi-cristallin (40%)			
Azote N ₂	0,005	0,0013	0,45
Oxygène O ₂	0,026	0,0035	0,72
Dioxyde de carbone CO ₂	0.118	0.0006	20

Le tableau II ci-dessus montre que le PET est un matériau faiblement perméable aux gaz. Ces valeurs dépendent des conditions de mesure et notamment de la température. Plus le matériau est cristallin et/ou orienté (par étirage ou soufflage par exemple), plus sa perméabilité sera faible puisque l'organisation des macromolécules ne laisse que peu d'espace

Partie théorique

aux molécules de gaz pour pénétrer ou traverser le matériau, de même lorsque l'épaisseur du film est faible (Alrayes, 2013).

3.3.2. Propriétés thermiques :

L'analyse thermique du PET par DSC (Differential Scanning Calorimetry) ou Analyse Thermique Différentielle décrite dans l'Annexe 3, montre trois transitions principales qui permettent le changement chimique et physique du matériau:

- La première, vers $T=75^{\circ}\text{C}$, est la transition vitreuse et correspond à une variation de la mobilité moléculaire des chaînes de la phase amorphe.
- La seconde transition apparaît vers 145°C et correspond à une recristallisation du PET amorphe. Cette transition exothermique apparaît pour des matrices dont le taux de cristallinité initial est relativement faible, et disparaît progressivement lorsque le taux de cristallinité augmente.
- La troisième transition est endothermique et se situe vers $260\text{-}270^{\circ}\text{C}$. Elle correspond à la fusion du polymère. La rigidité des chaînes, liée à la présence des cycles aromatiques, explique le haut point de fusion du PET et donne une bonne stabilité thermique en l'absence de contraintes (Verdu, 1990 ; Pierre, 2001).

3.3.3. Propriétés thermomécaniques :

Le PET, principalement utilisé à température ambiante, se présente dans un état vitreux et apparaît donc comme un matériau rigide. L'extrusion et l'injection de ce polymère se font généralement à une température supérieure (Alrayes, 2013).

3.3.5. Propriétés chimiques :

Le polyéthylène téréphtalate est insoluble dans l'eau et dans les solvants organiques et relativement résistant à des solutions diluées d'acide (70% H_2SO_4 , 5% HCl , 30% CH_3COOH), aux solutions froides alcalines et aux agents de blanchiment (le sodium hypochlorite ou peroxyde hydrogène). Par ailleurs, il s'hydrolyse sous l'action de solutions alcalines à des températures supérieures à 100°C (Arlie, 1977).

3.4. Dégradation du PET :

La mise du PET à une température supérieure à 250°C a pour conséquence de favoriser les réactions de dégradation et de condensation, responsables aussi bien de la rupture des chaînes macromoléculaires que de leur réarrangement structural. En outre la présence

Partie théorique

d'eau dans le matériau ou d'oxygène dans l'extrudeuse, entraîne une dégradation hydrolytique et thermo-oxydative des molécules (Alrayes, 2013).

3.4.1. Dégradation thermique :

Au cours de cette dégradation, il y a donc formation de fins de chaînes vinyliques qui peuvent réagir avec une fin de chaîne alcoolique pour former de l'acétaldéhyde et une fonction ester entre les deux chaînes de PET. Il y a également formation de fins de chaînes carboxyliques dont l'hydrogène, fortement labile, favorise les réactions d'hydrolyse (Dziecoil et Etrzeszynski, 1988).

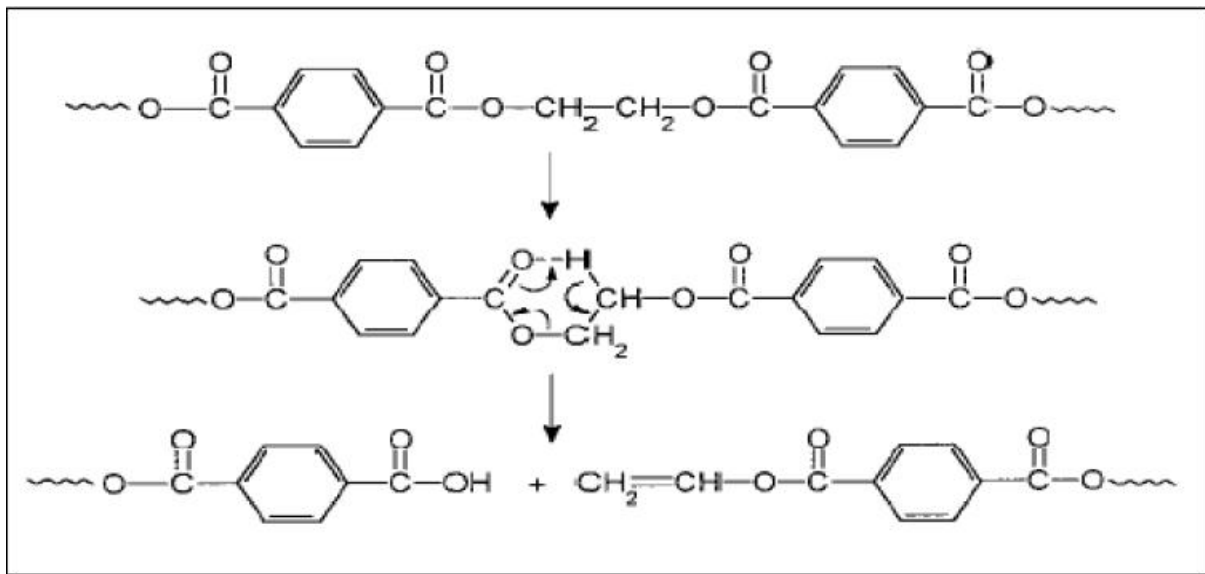


Figure 3: Schéma réactionnel de la dégradation du PET par scission de chaîne (Dziecoil, Etrzeszynski, 1988).

3.4.2. Décomposition par hydrolyse et par oxydation :

Les réactions de dégradation par oxydation commencent par la formation d'hydroperoxydes au niveau des groupements méthylènes et conduisent, après scission homolytique, à la formation de radicaux libres, de fins de chaînes ester-vinyliques et principalement carboxyliques qui favorisent l'hydrolyse (Campanelli et al, 1993 ; Pierre, 2001).

Partie théorique

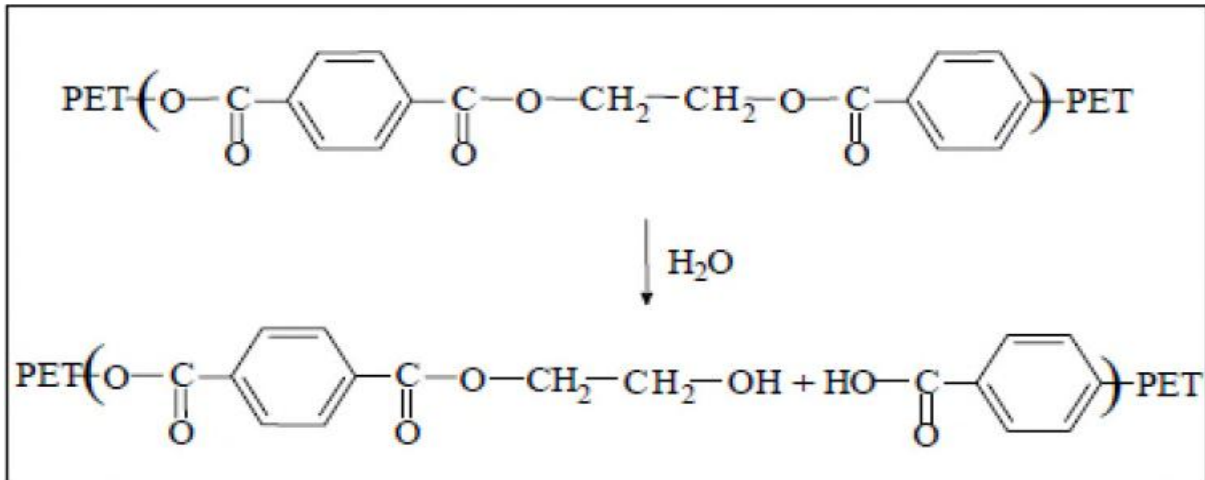


Figure 4: Dégradation du PET par hydrolyse (Campanelli et al., 1993)

3.5. Interactions entre contenant (PET) et contenu (aliment) :

La mise en contact d'un contenu (denrée alimentaire) et d'un contenant (emballage), dans des conditions définies de temps, de température, de surface relative, peut aboutir à des transferts de matière (Pierre, 2001).

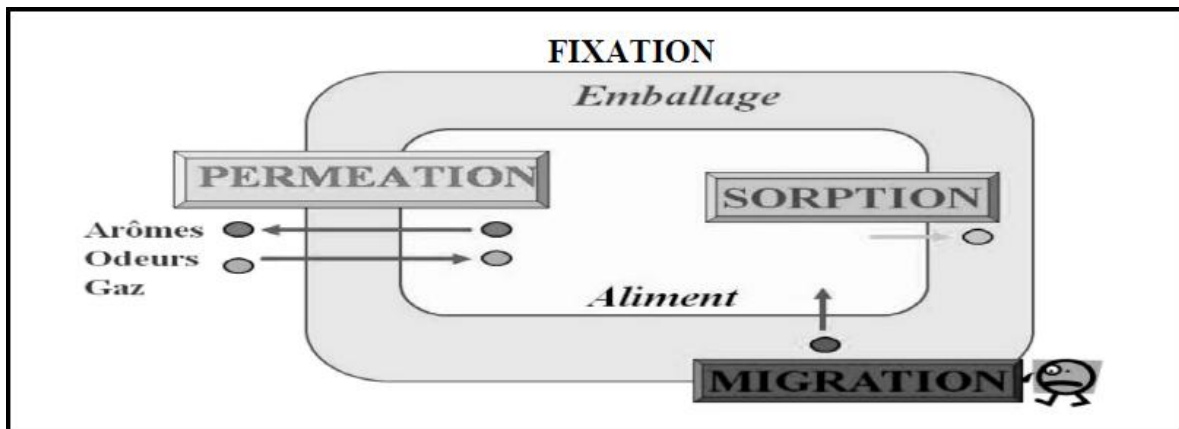


Figure 5: Schéma des différentes interactions possible entre contenant et son contenu (Feigenbaum et Barthelemy, 2006).

3.5.1. La migration :

La migration correspond au transfert des constituants de l'emballage vers l'aliment. Il peut s'agir d'adjuvants technologiques (catalyseurs, plastifiant, anti-oxydants), de monomères résiduels, d'oligomères, de pigments, de solvants, d'encre d'impression et des produits néoformés ou des produits de dégradation. La migration peut induire des problèmes de toxicité mais également des odeurs indésirables et c'est pourquoi elle est considérée comme un processus de contamination des aliments (Alrayes, 2013).

Partie théorique

Il existe des facteurs internes et des facteurs externes qui ont un effet direct sur la migration des molécules présentes dans l'emballage (figure 7) (Alrayes, 2013).

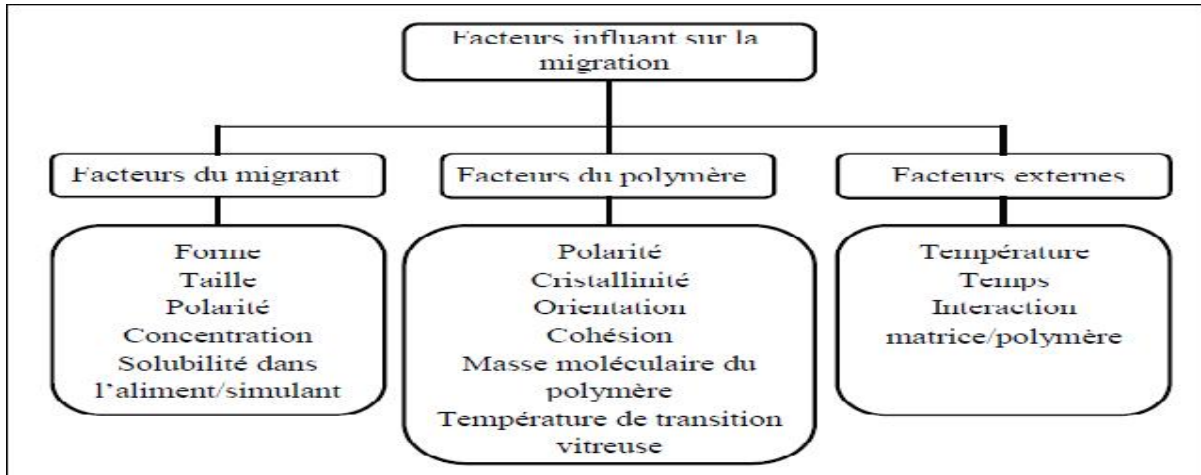


Figure 6: Les facteurs influant sur la migration (Alrayes, 2013).

3.5.2. La sorption :

La sorption est l'assimilation des constituants de l'aliment par la paroi de l'emballage plastique suivie de leur pénétration dans le polymère. Le processus de sorption peut induire une perte des arômes de l'aliment et entraîner une modification structurale du polymère (Konkol, 2004).

En effet, le vieillissement irréversible du polymère peut être induit par des modifications de la structure chimique des chaînes macromoléculaires et de son état physique. (Feigenbaum et Barthelemy, 2006).

Les phénomènes de sorption sont plus fréquents avec des composés lipophiles, cela est dû à la grande affinité pour la plupart des emballages qui sont aussi peu ou pas polaires (PE, PET, PS, PP). De plus, si le matériau plastique est recyclé ou réutilisé comme emballage destiné au contact alimentaire, les composés étrangers absorbés dans le polymère sont des éventuels migrants (Sax, 2010).

3.5.3. La perméation :

La perméation se caractérise par le transfert de gaz à travers l'emballage notamment l'O₂ vers l'aliment, le CO₂ vers l'extérieur de l'emballage et le passage des composés volatils de l'extérieur vers l'aliment. Ce phénomène doit être réduit afin d'éviter la prolifération des

Partie théorique

bactéries dans l'aliment, les pertes de carbonatation dans les boissons gazeuses, la perte des arômes ou de flaveur dans le produit fini. En effet, les propriétés organoleptiques des aliments résultent d'un équilibre entre les composés volatils qui sont susceptibles de se transférer du produit vers l'extérieur (perte d'arômes) et les substances susceptibles de passer de l'extérieure vers l'aliment (contamination du produit) (Reyene, 2002).

4. Le verre(RB) :

Le verre est le premier matériau de synthèse réalisé par l'homme. Les premiers flacons et bijoux en verre datent de l'ancienne Égypte, quelque 1.000 ans avant J-C(Lehmann, 2010).

4.1. La structure de verre :

Le verre est constitué de 70% de sable, 15% de soude afin d'abaisser la température de fusion et 10% de chaux pour accroître la résistance du produit et le stabiliser (Lehmann, 2010).

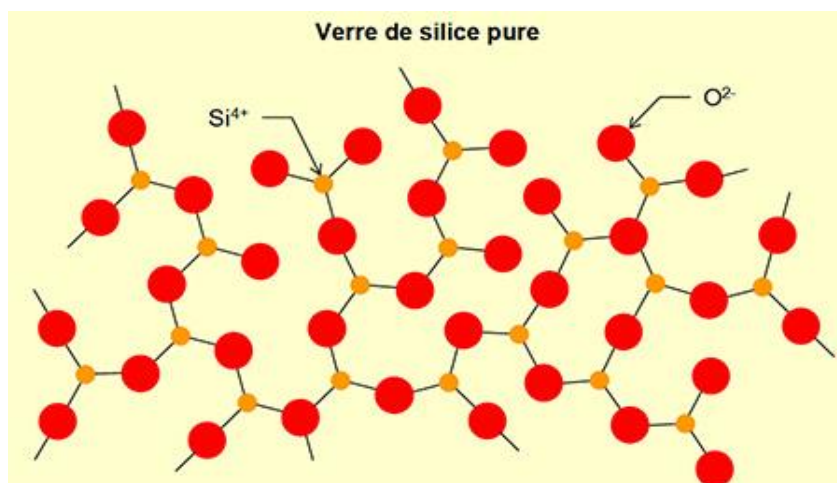


Figure 7: Structure de verre de silice pure.(Lehmann, 2010).

4.2. La synthèse du verre :

La production des bouteilles en verre consiste à chauffer à des températures élevées un mélange de silice (excipient de verre), de carbonate de sodium (agent de fusion) et de calcaire/carbonate de calcium et d'alumine (stabilisants) jusqu'à ce que les matériaux fondent en une masse liquide épais qui est ensuite versé dans des moules(Kennethmarsh et Bugusu, 2007).

Partie théorique

4.3. Les avantages :

Le verre est une barrière pour l'aliment. Il ne laisse pas passer les odeurs et les arômes donc les qualités organoleptiques de l'aliment ne sont pas modifiées. Il est imperméable aux gaz et résiste aux pressions internes élevées ce qui permet de l'utiliser pour emballer des boissons telles que le jus, l'eau, le soda etc (Kouamestephane, 2009).

Le verre est inerte : aucun de ces constituants n'est susceptible de migrer vers le contenu de l'emballage, ce qui évite toute altération de qualité. Il protège de la lumière : le verre, en particulier coloré, limite l'entrée des rayons UV (Lehmann, 2010).

4.4. Les inconvénients :

Les inconvénients qu'on peut avoir par rapport à l'utilisation du verre comme emballage alimentaire ne sont pas nombreux : le coût d'achat est élevé et il est cassable ce qui rend son transport un peu délicat. Les inconvénients liés à l'utilisation du verre sont des inconvénients économiques et pratiques pour le producteur mais influencent pas sur la qualité du produit ou la santé du consommateur (Kouamestephane, 2009).

4.5. Interactions entre contenant (verre) et contenu (jus) :

Les éléments constituant le verre ne migrent pas vers l'aliment qu'il contient. C'est pour cela que les jus de fruit emballés en verre offrent un surplus de qualité flagrant. Des tests sensoriels réalisés à l'Université technique de Graz révèlent qu'après quelques jours seulement, la qualité des jus conditionnés en brique ou en bouteille PET altérée au niveau de la couleur, des arômes et des ingrédients. Dans une bouteille de verre par contre, même après un long stockage, la qualité du jus de fruit reste pratiquement inchangée par rapport à sa fraîcheur à l'embouteillage (Kouamestephane, 2009).

Matériel et méthodes

Matériel et méthode

Ce travail a été effectué au niveau de l'unité Spa CEVITAL qui est implantée dans la zone industrielle d'EL-Kseur, à 300m de la gare ferroviaire et à proximité d'une région à vocation agricole (Annexe 4). Une petite partie du travail (Spectroscopie infrarouge à Transformée de Fourier) a été effectuée au niveau du laboratoire du Génie des procédés, ainsi que le Dosage spectrophotométrique de l'acide ascorbique à laboratoire de Génie biologique de l'université de Bejaia.

Le jus TCHINA fait l'objet de notre travail. Cette étude va consister à étudier l'effet de la température sur les propriétés physico-chimique et microbiologique du jus conditionné en bouteille PET et celui conditionné en bouteille en verre à trois différentes températures : 23°, 40° et 60°C et cela pendant des durées de stockages de 24h et 10 jours. L'impact de ces paramètres sur le conditionnement et son éventuelle interaction avec le produit sera également examiné.

1. Échantillonnage :

Notre étude a porté sur l'analyse physicochimique et microbiologique du produit fini. Une gamme d'échantillons (10 bouteilles pour chaque lignes) du produit fini est prélevé chaque une demi-heure sur les deux lignes PET et RB pour réaliser les analyses physicochimiques et microbiologiques (contrôle de qualité).

La deuxième gamme des échantillons (16 bouteilles) est prélevé en même temps sur les deux lignes pour étudier l'effet du stress thermique.

2. Analyse physicochimique :

2.1. Détermination du pH :

Les différents échantillons sélectionnés des deux types de conditionnement incubés aux trois températures et après chaque laps de temps, ont subi des mesures de pH afin de repérer d'éventuelles fluctuations.

Matériel et méthode



Figure 9: pH mètre.

Après étalonnage du pH-mètre, des prises d'essai sont effectuées pour chaque échantillon au moins trois lectures pour chaque essai.

2.2. Détermination du degré de Brix :

Le taux de Brix convenablement appelé le taux de sucre est une mesure de l'indice de réfraction du sucre contenu dans la boisson (jus des fruits) ou du sirop concentré. Il est utilisé pour estimer la teneur en sucre, le pourcentage de matière sèche soluble contenue dans une boisson mesure à l'aide d'un réfractomètre (Arfa, 2008).



Figure 10: Réfractomètre (ATAGO).

La mesure du taux de Brix est effectuée en déposant l'échantillon en quantité suffisante sur la surface du prisme du réfractomètre.

La valeur sera affichée directement sur l'écran du réfractomètre, elle s'exprime en degré Brix.

Matériel et méthode

2.3. Détermination de l'acidité titrable :

Cette mesure consiste à titrer l'acidité totale (Acide citrique monohydrate) avec une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH) à 0,1N en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (Francis et Harmer, 1988).

10 ml de jus sont prélevés dans un bécher, auxquels sont ajoutés 2 gouttes de phénolphtaléine. Tout en agitant à l'aide d'une burette la solution de NaOH est versée jusqu'à obtention d'une coloration rose persistante (Solanke et al. 2017).

Les résultats sont exprimés selon la formule suivie en gramme par litre :

$$A = V \cdot 0,64$$

A : acidité titrable g/l.

V : volume de NaOH utilisé.

0.64 : coefficient d'acidité.

2.4. Test d'absorption d'eau :

Cette mesure caractéristique permet d'évaluer l'éventuel comportement de la matière plastique utilisée en contact d'eau ou exposé à l'humidité (JORA 1508 :1990).

- **Préparation des éprouvettes**

Les éprouvettes carrées de 50 ± 1 mm sont découpées d'une même bouteille et sur les trois compartiments : supérieurs, partie inférieure et intermédiaire de sorte à avoir trois échantillons pour une bouteille. Leur masse initiale M_1 avant immersion est déterminée.

Les éprouvettes en plastique sont complètement immergées dans l'eau puis incubées aux températures déterminées (23°C), (40°C) et (60°C) pendant 24h. Les variations massiques des éprouvettes en plastique avant, après immersion et après séchage sont déterminées.

La quantité du liquide d'essai doit être au moins de 8ml par cm^2 de surface totale de l'éprouvette afin d'éviter une concentration du liquide en produit d'extraction au cours de l'essai, le liquide doit recouvrir les éprouvettes complètement.

Après l'immersion les éprouvettes sont ramenées à température ambiante puis transférées rapidement dans une nouvelle quantité d'eau distillée pendant 15 à 30min. Elles

Matériel et méthode

sont par la suite essuyées avec un papier Wattman, puis immédiatement mesurées et pesées pour déterminer la masse M2 après immersion.

Afin de déterminer la masse M3, les éprouvettes sont séchées dans une étuve à 40°C pendant deux heures.

Le Calcul du pourcentage de variation de masse est réalisé selon la formule suivante :

$$P1=100(M2-M1)/M1$$

$$P2=100(M3-M2)/M2$$

P1(%) : Pourcentage de variation de masse après immersion.

P2 (%) : pourcentage de variation de masse après séchage.

M1 : masse des éprouvettes avant immersion.

M2 : masse des éprouvettes après immersion.

M3 : masse des éprouvettes après séchage.

2.5. Dosage spectrophotométrique de l'acide ascorbique :

La vitamine C présente un spectre d'absorption en solution aqueuse avec un maximum d'absorption à 515 nm. Cette technique nécessite l'utilisation d'un spectrophotomètre performant, des solutions relativement pures d'acide ascorbique et d'une concentration assez élevée pour obtenir des résultats lisibles (Berget, 1986).

- On règle le spectrophotomètre à la longueur d'onde de 515nm
- On place le blanc réactif dans l'appareil, il s'agit d'une cuve d'eau distillée.
- Plusieurs dilution son effectué à partir des différentes jus.
- La lecture se fait directement au spectrophotomètre.



Figure 11: Spectrophotométrie UV/VISIBLE.

Matériel et méthode

Afin de réaliser une courbe d'étalonnage, différentes concentrations d'acide ascorbique sont préparées, leurs absorbances à 515nm est mesurée, l'eau distillée est utilisé comme blanc.

Dans un deuxième temps plusieurs dilutions sont effectuées à partir des différents jus leurs absorbance à 515nm sont également mesurées.

A partir de la courbe d'étalonnage obtenue précédemment, on calcule la concentration en acide ascorbique pour chaque dilution.

2.6.Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier (IRTF):

L'analyse par spectrophotométrie infrarouge permet de distinguer les bandes caractéristiques des principales fonctions chimiques d'un matériau, il s'agit d'un outil indispensable au suivi des modifications chimiques induites. Ainsi, un échantillon irradié par faisceau infrarouge subit des vibrations moléculaires et absorbe une partie de l'énergie incidente. Son spectre infrarouge présente donc des bandes d'absorption dont les fréquences sont caractéristiques de la nature chimique du composé (Vandegans et al., 1997).

L'appareil utilisé est un spectrophotomètre à Transformée de Fourier. Le dépouillement du spectre est effectué dans la zone $4000-400\text{cm}^{-1}$ de nombre d'onde (60 scans, résolution 1cm^{-1})

3. Analyses microbiologiques :

• Préparation des échantillons

100ml de produit fini sont neutralisés avec 3,4ml de NaOH(0.1N) afin d'obtenir un jus à pH=7.

Les échantillons neutralisés sont considérés comme des solutions mères. L'ensemencement des milieux de culture s'effectue directement à partir de ces dernières.

3.1. Recherche des coliformes :

Le dénombrement des coliformes a été effectué sur le milieu BLST (Bouillon lauryl sulfate-tréptose) double concentré avec cloche de Durham.

Les tubes du milieu BLST double concentrés de 10ml, ont été ensemencés avec 1ml de l'échantillon à analyser. Les tubes ont été incubés à 30°C pendant 48h. Après 24h d'incubation on réalise une pré-lecture puis une lecture finale après 48h(ISO22000).

Matériel et méthode

3.2. Recherche des levures et moisissures :

Le dénombrement des levures et moisissures est réalisés sur le milieu OGA (Gélose glucosée à l'oxytétracycline) plus 5ml d'antibiotique pour inhibé la croissance des bactéries. L'ensemencement est effectué à raison de 1 mlde la solution mère, sur deux boites pour chaque échantillon et une boite témoin pour le milieu de culture, puis incubées à 25°C pendant 03 à 05 jours. Une pré-lecture est effectuée après 3 jours et une lecture finale après 5 jours.

4. Analyse statistique des résultats :

L'analyse statistique est effectuée par le logiciel (R) les données représentant la moyenne des trois essais. La comparaison des résultats des paramètres physicochimique : degré de Brix, acidité, pH et dosage de l'acide ascorbiqueest réalisée par l'analyse ANOVA et le degré de signification des données à P-value 0,05. Ainsi par l'analyse LSD et HSD à p-value 0,05.

Pour le test d'absorption l'analyse statistique est effectuée par le test STUDENT à P-value 0,05.

Résultats et discussion

1. Contrôle de qualité du produit fini :

Des analyses de routine ont été effectuées sur les deux lignes de produits : le jus conditionné en bouteille en plastique (PET) et le jus conditionné en bouteille en verre (RB). Le prélèvement des échantillons des produits finis a été réalisé chaque demi-heure pour les deux lignes.

Les résultats du contrôle de qualité sur le produit fini des deux lignes PET et RB sont présentés dans l'annexe 5.

Les analyses physicochimiques (pH, Acidité titrable, degrés de Brix) et microbiologiques (recherche et dénombrement des coliformes et levures et moisissures) de routine que nous avons effectués, en respectant la procédure ainsi que les normes de l'entreprise n'ont permis de percevoir aucune différence entre les deux lignes de produit, en le but de notre travail était justement d'étudier les éventuelles interactions qui existeraient entre le conditionnement et le produit alimentaire et les différences perceptibles engendrées par les deux conditionnements PET et RB.

Dans cet esprit nous avons exposés des échantillons des deux lignes à des températures de 23°C, 40°C et 60°C auxquelles ils pourront être exposés dans la vie réelle, et cela pendant des temps d'incubation de 24h et de 10 jours. Des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été réalisées sur ces échantillons ainsi que sur leur emballage quand cela a été possible.

1. Etude de l'influence des différents paramètres sur le produit :

Les résultats de l'analyse physico-chimique des deux produits conservés à différentes températures sont regroupés dans l'annexe 6.

1.1. Étude des variations de pH :

Le pH est un des paramètres le plus important dans le contrôle de qualité des produits alimentaires et spécialement lors de l'utilisation de l'acide citrique (régulateur d'acidité) comme agent de conservation (Amiot et al, 2002).

Les résultats obtenus pour chaque cas sont présentés dans la figure ci-dessous :

Résultats et discussion

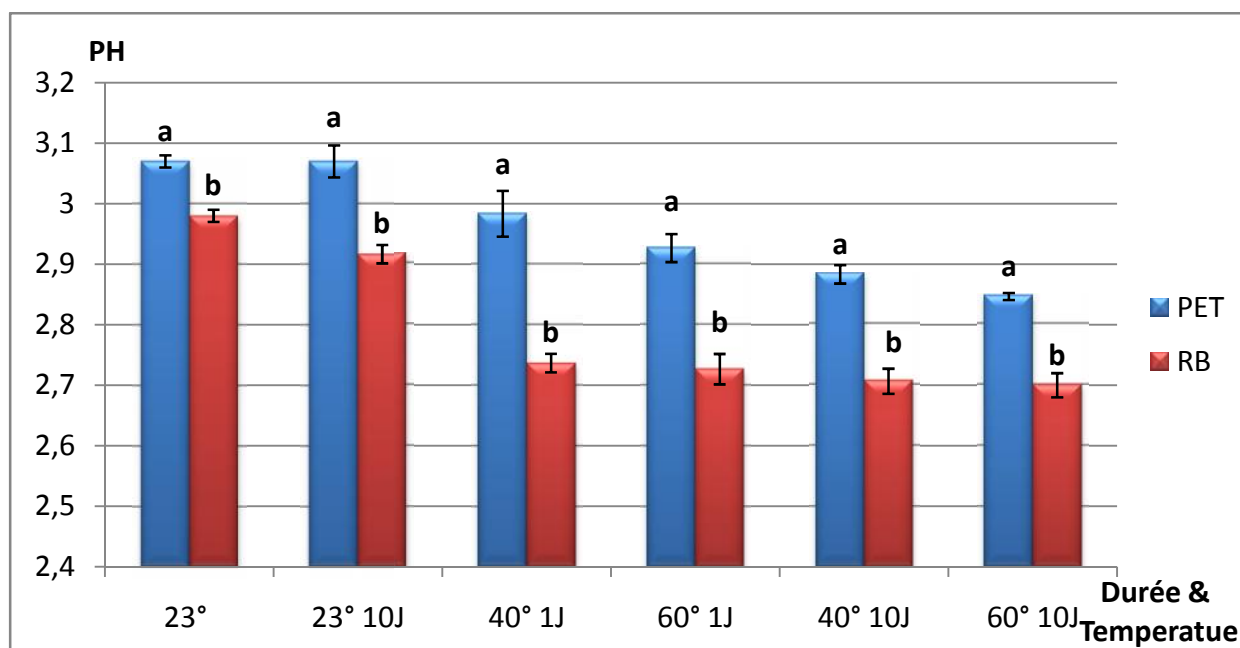


Figure 12: Evaluation du pH du jus d'orange pour les deux lignes PET et RB.

Chaque valeur représente la moyenne \pm écart type de trois essais.

Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives.

D'après les résultats, le pH diminue avec l'élévation de la température pour les échantillons PET et RB et pour le même échantillon à la même température le pH diminue après 10 jours.

Le pH du jus conditionné en PET est plus élevé que celui conditionné en RB, et cela est probablement dû à l'ajout d'additifs (acide citrique, acide ascorbique, CMC) au cours de la production qui ne sont pas ajoutés pour la ligne RB.

L'analyse statistique avec l'ANOVA montre un effet significatif ($p < 0.05$) de tous les facteurs étudiés : température, conditionnement et durée d'incubation.

Résultats et discussion

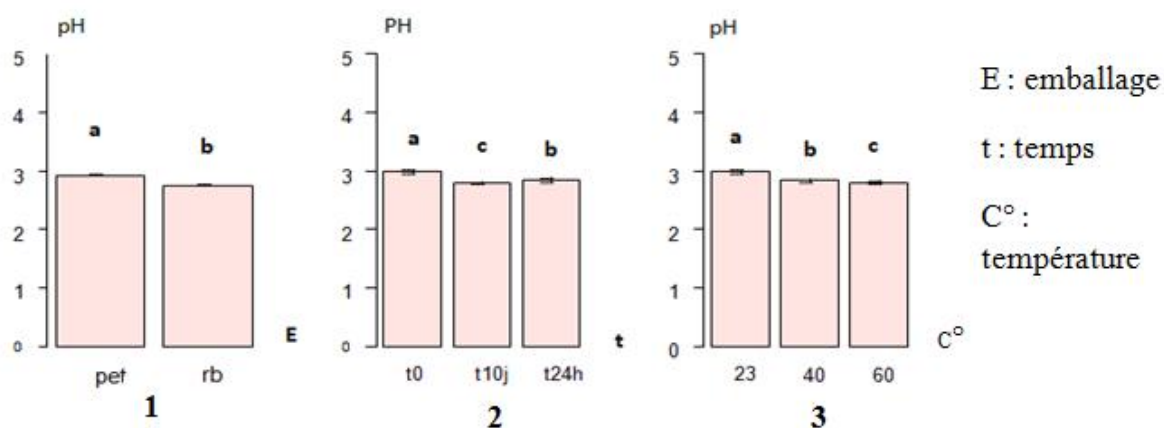


Figure 13: Résultats de l'analyse statistique par le test LSD (1 : effet du conditionnement sur le pH, 2 : effet du temps sur le pH, 3 : effet de la température sur pH).

Le test statistique avec LSD a révélé une différence significative entre la valeur de pH notée pour les échantillons conservés à température ambiante, à 40°C et à 60°C, et une différence très significative ($p < 0.05$) entre les échantillons conservés pendant 1j et 10j.

L'étude statistique a mis en évidence l'influence du conditionnement sur le pH par une différence très significative pour le pH du jus PET et RB, confirmant ainsi l'effet du PET sur le pH du produit alimentaire.

1.2. Etude des variations d'acidité:

Les résultats de l'acidité titrable de chaque échantillon, sont présentés dans la figure ci-dessus :

Résultats et discussion

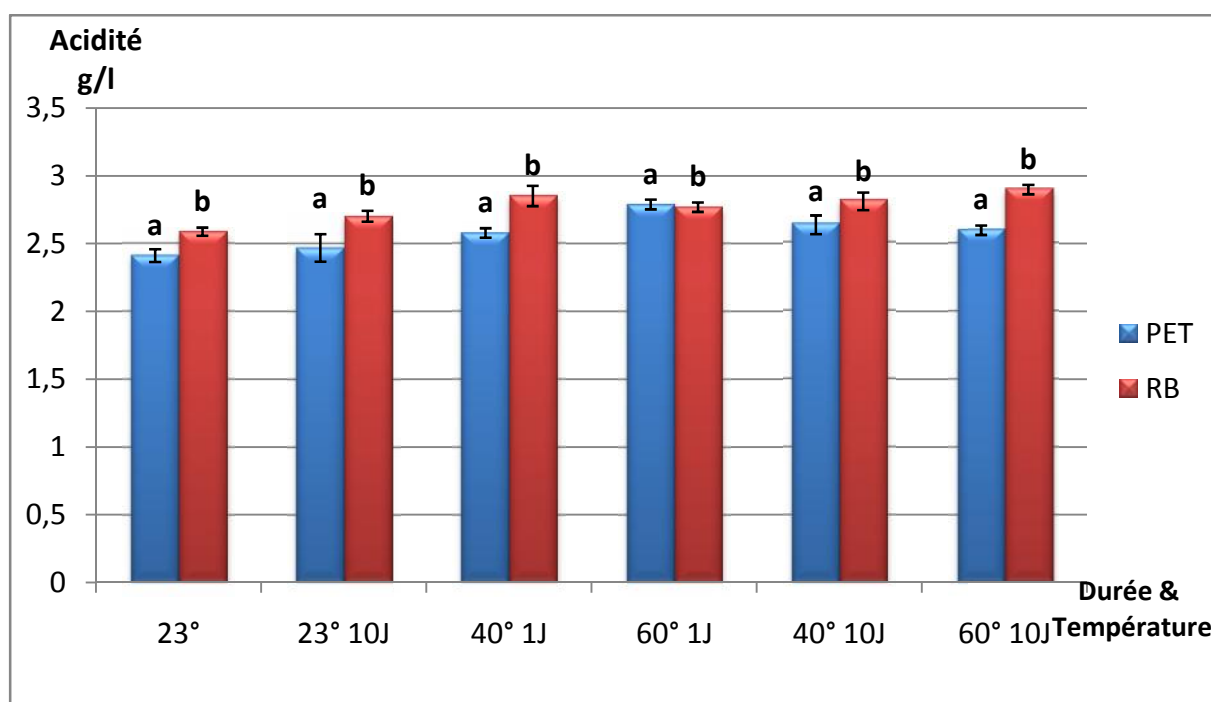


Figure 14: Evaluation de l'acidité du jus d'orange pour les deux lignes PET et RB.

Chaque valeur représente la moyenne \pm écart type de trois essais.

Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives.

Les résultats montrent une légère augmentation d'acidité pour tous les échantillons ainsi qu'une légère différence entre le jus des deux lignes. Nous notons également que l'acidité du jus de la ligne RB est plus élevée que celle de la ligne PET.

L'analyse de la variance ANOVA montre un effet significatif ($p < 0.05$) uniquement du conditionnement sur l'acidité. Ainsi un effet non significatif ($p < 0.05$) de la durée d'incubation (t0, 24h et 10j) et des différentes températures (23°, 40° et 60°) a constaté.

Résultats et discussion

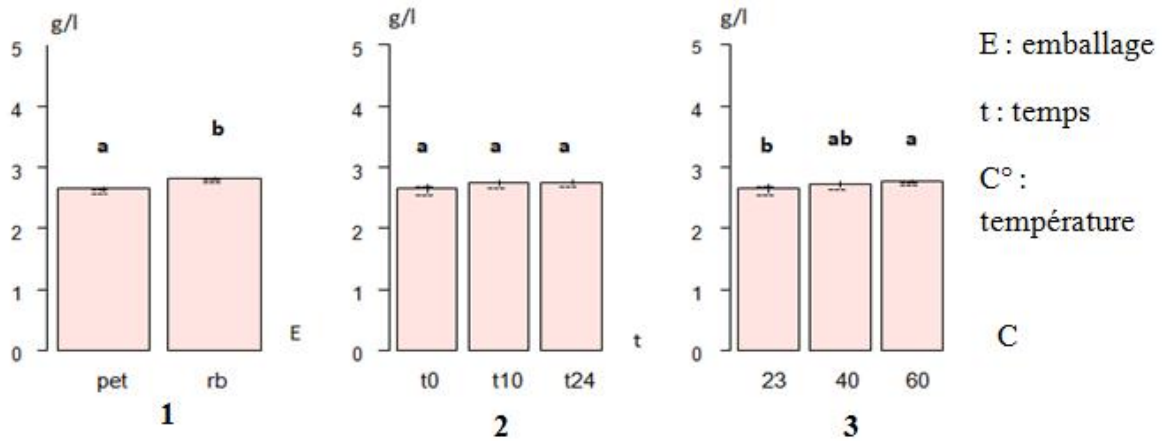


Figure 15: Résultat de l'analyse statistique par le test LSD (1 : effet du conditionnement sur l'acidité, 2 : effet du temps sur l'acidité, 3 : effet de la température sur acidité).

L'analyse statistique avec le LSD montre un effet significatif du conditionnement sur l'acidité montrant que l'acidité du jus conditionné en RB est plus élevée que celle de jus conditionné en PET, confirmant encore ici, l'influence du PET sur l'acidité du produit alimentaire qu'il contient.

1.3. Evaluation du Brix :

Le Brix est le pourcentage de la matière sèche (sucre) soluble dans le jus. Les résultats sont regroupés dans la figure ci-dessus :

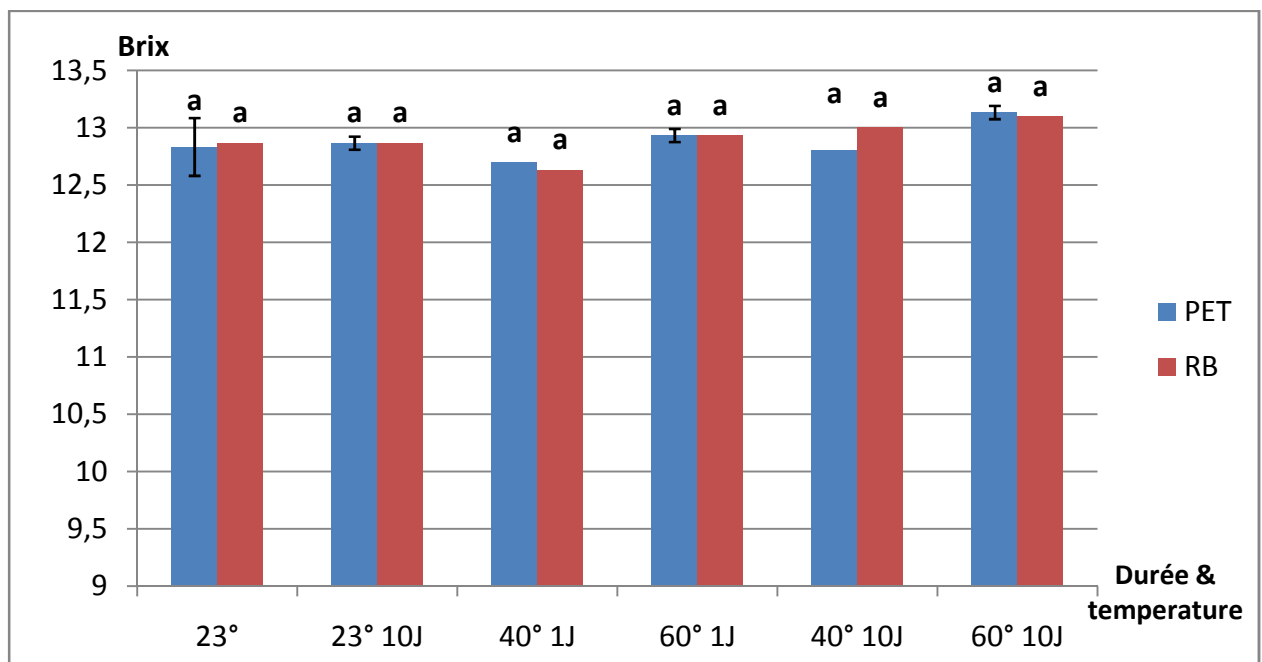


Figure 16: Evaluation du Brix du jus d'orange des deux lignes RB et PET.

Résultats et discussion

Chaque valeur représente la moyenne \pm écart type de trois essais.

Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives.

Les valeurs du degré de Brix du jus des deux lignes RB et PET varient entre (12.6 ± 0.05) et (13.1 ± 0.05).

L'analyse de la variance ANOVA montre un effet significatif ($p < 0.05$) de la durée d'incubation et de la température sur le Brix du jus des deux lignes RB et PET.

Néanmoins elle révèle un effet non significatif du conditionnement (RB et PET) sur le degré de Brix.

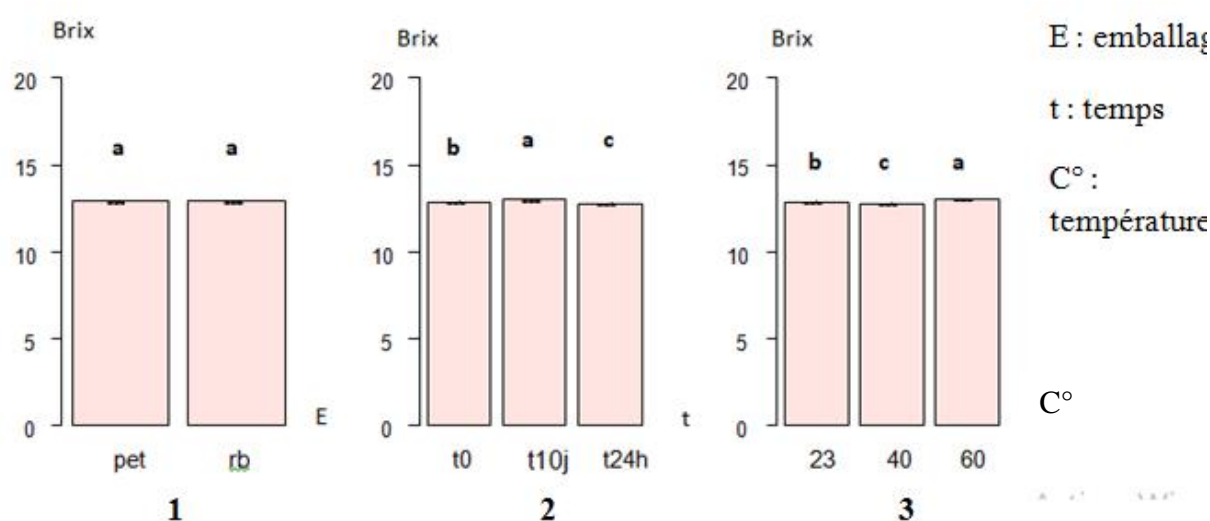


Figure 17: Le résultat d'analyse statistique par le test LSD (1 : effet du conditionnement sur le Brix, 2 : effet du temps sur le Brix, 3 : effet de la température sur le Brix).

L'analyse statistique avec LSD montre un effet non significatif ($p < 0.05$) du conditionnement sur le degré de Brix, et un effet significatif ($p < 0.05$) de la température 23°, 40° et 60°, ainsi que de la durée d'incubation (24h et 10j)

L'augmentation du degré de Brix des échantillons incubés à 40° et 60° pendant 10j est probablement due à la réaction de brunissement non enzymatique qui consiste à l'utilisation des molécules d'eau dans la réaction de la dégradation d'acide ascorbique. Ce qui induit la diminution de la teneur d'eau dans le jus ce qui mène à l'augmentation de la quantité de matière sèche (saccharose) dans le jus (Benamara et Agougou, 2003).

1.4. Evaluation de la teneur en acide ascorbique :

L'acide ascorbique est un composé bioactif sensible fournissant une indication de la perte d'autres vitamines. Les réactions de dégradation de l'acide ascorbique sont souvent responsables des changements cruciaux de qualité qui se produisent pendant le stockage des aliments, limitant leur durée de conservation (Zulueta et al., 2010).

Les résultats du dosage de l'acide ascorbique sont représentés sur le diagramme ci-dessous :

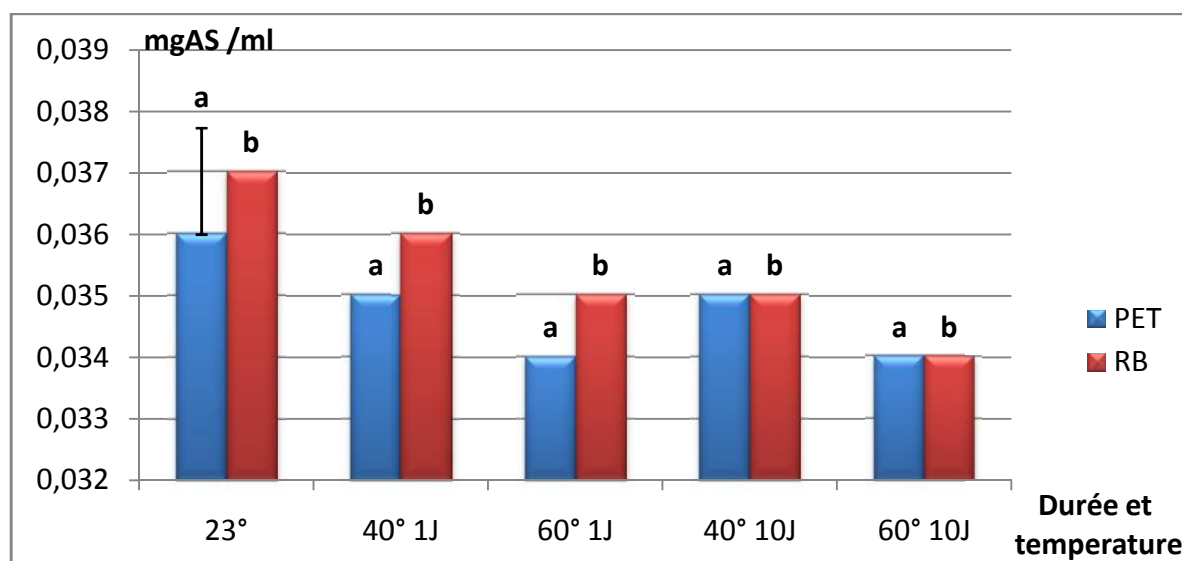


Figure 18: Concentrations de l'acide ascorbique des jus des deux lignes PET et RB.

Chaque valeur représente la moyenne \pm écart type de trois essais.

Les valeurs portant des lettres différentes présentent des différences significatives.

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la teneur en acide ascorbique du jus conditionné en RB est plus élevée que celle du jus conditionné en PET. En effet l'analyse de la variance ANOVA ainsi que le test LSD révèlent une différence significative de la teneur de l'acide ascorbique entre le jus conditionné en PET et RB. En revanche nous devons préciser que la recette (composition en additifs alimentaires) des deux jus est légèrement différente.

Nous remarquons également une diminution de la teneur en acide ascorbique pour les deux lignes avec l'augmentation de la température indépendamment du conditionnement, ce qui signifie que la température influence sur le jus conditionné en PET et en RB.

Résultats et discussion

Cependant la ligne RB est plus affectée par la durée d'incubation, effectivement, à 23°C, 40°C et 60°C la concentration en vitamine C diminue entre 24h et 10j, et pas sur la ligne PET. En effet à 40°C et 60°C la teneur en vitamine C reste stable entre 24h et 10j, et cela est probablement dû à l'ajout des stabilisateurs pour le produit fini conditionné en PET ce qui stabilise la teneur en acide ascorbique.

Ces observations ont été confirmées par l'ANOVA, où un effet très significatif ($p < 0.05$) de la température (40°C et 60°C) sur les jus des deux lignes PET et RB, ainsi qu'un effet significatif ($p < 0.05$) de la durée sur les jus conditionnés en RB et PET a été constaté.

1.5. Analyses microbiologiques des différents échantillons :

Tableau III: Résultats de la recherche et du dénombrement des coliformes, levures et moisissures des différents échantillons.

temps et température	Coliformes					Levures et moisissures				
	23°C	24h 40°C	24h 60°C	10j 40°C	10j 60°C	23°C	24h 40°C	24h 60°C	10j 40°C	10j 60°C
PET	Absence	absence	Absence	absence	absence	absence	absence	absence	absence	absence
RB	Absence	absence	Absence	absence	absence	absence	absence	absence	absence	absence

D'après les résultats d'analyses microbiologiques effectués sur les produits finis exposés à différentes températures 23°C, 40°C et 60°C pendant des durées de 24h et 10j, on remarque l'absence totale des coliformes et on note aussi l'absence totale des levures et moisissures pour les deux lignes (Tableau 2).

Cette absence est probablement due à l'effet de la température et la durée du traitement thermique qui ont été suffisants pour éliminer tous les germes.

2.6. Discussion des résultats obtenus pour l'influence des paramètres sur le produit :

L'acide ascorbique, le β -carotène et les flavonoïdes sont des composés du jus d'orange qui sont caractérisés par une activité anti-oxydante et reconnus comme bénéfiques pour la santé humaine. Gardner et al., (2000) ; Sanchez-Moreno et al., (2003) ont démontré que 77 à 96 % de l'activité anti-oxydante globale était due à la vitamine C. La vitamine C est donc un

Résultats et discussion

marqueur important de la qualité nutritionnelle du jus. Sa stabilité va dépendre du procédé de fabrication et du stockage, et dans cet esprit sa stabilité aux différents paramètres auxquels nous avons exposés les échantillons doit être prise en considération par l'entreprise.

D'après les résultats obtenus nous avons constaté une diminution de la teneur en acide ascorbique avec la diminution du pH et l'augmentation de l'acidité, ce constat est probablement dû à la dégradation de la vitamine C par la réaction de brunissement non enzymatique (Berlinet, 2006).

Il existe deux voies de dégradation de l'acide ascorbique : une voie aérobie et une voie anaérobie (Yuan et Chen, 1998). (Figure 12 et 13)

L'augmentation de la température ainsi que l'absorption des composés d'arôme augmente la perméabilité à l'oxygène, et cette perméabilité permet la dégradation de l'acide ascorbique par une voie aérobie (Van Willige et al., 2002).

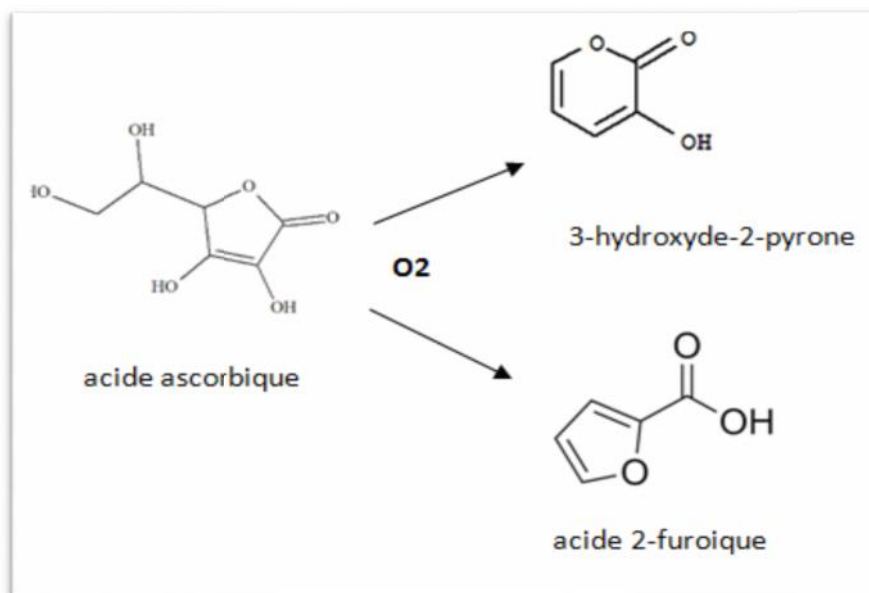


Figure 1: Voie de dégradation aérobie d'acide ascorbique en solution aqueuse (Yuan et Chen, 1998).

Résultats et discussion

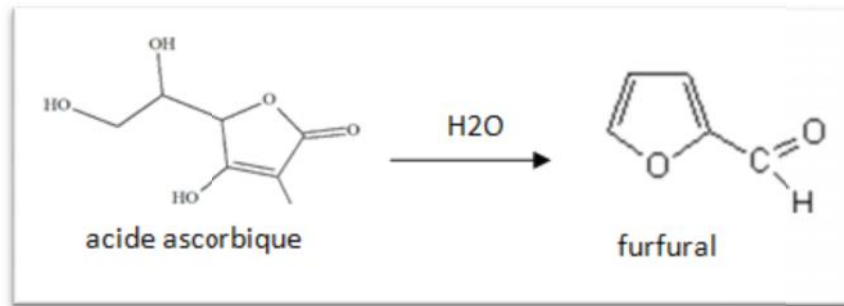


Figure 2: Voie de dégradation anaérobie de l'acide ascorbique en solution aqueuse (Yuan et Chen, 1998).

L'ensemble des réactions chimiques intervenant lors de la préparation ou du stockage des denrées alimentaires sont regroupés sous le nom de brunissement non enzymatique. Le brunissement non enzymatique est indésirable, il altère les caractéristiques organoleptiques des produits alimentaires comme les jus de fruits stérilisés. La dégradation de la vitamine C dans le jus d'orange cause une perte de qualité nutritionnelle ainsi que l'apparition de composés volatils odorants à impact négatif et la formation de composés bruns responsables d'une modification de couleur. Lors de son évolution dans le jus, la vitamine C peut donner naissance à différentes formes de réductone, qui participent à la formation du brunissement non-enzymatique (Berlinet, 2006).

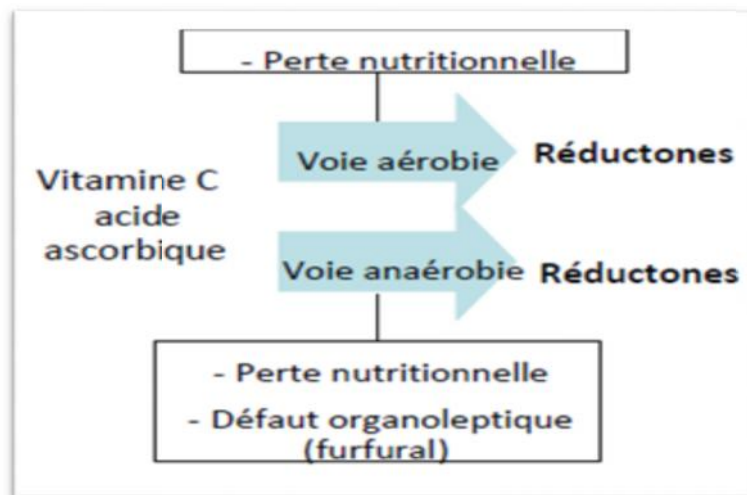


Figure 3: Voie de dégradation de l'acide ascorbique et effets sur la qualité de jus (Sanchez-Moreno et al., 2003).

En milieu acide et à chaud, l'acide ascorbique subit une déshydratation et une décarboxylation qui conduisent à la formation de produits intermédiaires, de gaz carbonique et de furfural (Huelin et al. 1971).

Résultats et discussion

Le taux de Brix dans les jus représente la valeur des sucres totaux. Dans les jus d'orange, plusieurs études ont mesuré l'évolution des teneurs en sucres pendant le stockage. Kaanane et al.,(1998) ont observé que la teneur en sucres totaux restait stable dans un jus d'orange conservé 14 semaines à des températures comprises entre 4 et 45°C. Roig et al.(1999) ont également observé une valeur constante des sucres totaux, ce qui s'accorde avec nos résultats. D'autre part Zulueta et al. (2007) rapportent que la stabilité du degré de Brix indique l'absence d'une fermentation et donc une bonne qualité microbiologique

D'après nos résultats on conclut que l'augmentation de la température influence sur la vitamine C dans les deux lignes de jus, mais la durée n'influe que sur la ligne RB, en ce qui concerne l'effet du conditionnement nous ne pouvons pas nous prononcer étant donné qu'il y a ajout d'additifs dans la ligne PET qui sont absents dans la ligne RB. L'augmentation du pH et la diminution de l'acidité titrable provoquent une diminution de la teneur en acide ascorbique.

2. Etude de l'influence des différents paramètres sur le conditionnement :

3.1. Teste d'absorption du PET :

La mise en contact d'un contenu et d'un contenant, dans des conditions définies de temps, de température, de surface relative, peut aboutir à des transferts de matière aussi faible soit elle, des produits en présence, c'est à dire passage des substances d'un milieu à l'autre (Pierre, 2001).

Dans ce teste on se base sur l'étude de l'effet du contact de l'eau avec des éprouvettes en polyéthylène téréphtalate, qui ont été incubés à des températures différentes 23°C, 40°C et 60°C pendant 24h.

Nous avons analysé le critère massique du polymère en mesurant les variations de masse d'éprouvette, on calcule la différence de masse avant immersion, après immersion et après séchage. Les résultats obtenus sont présentés au-dessous (Tableau IV).

Résultats et discussion

Tableau IV: Résultats du poids des éprouvettes des échantillons à 23°C, 40°C et 60°C avant immersion, après immersion et après séchage.

Avant immersion			
	25°C	40°C	60°C
Echantillon 1 (g)	0,944	0,910	0,917
Echantillon 2(g)	0,896	0,899	0,927
Echantillon 3(g)	0,899	0,897	0,843
Avant séchage			
Echantillon 1(g)	0,912	0,945	0,919
Echantillon 2(g)	0,900	0,897	0,928
Echantillon 3(g)	0,899	0,900	0,845
Après séchage			
Echantillon 1(g)	0,908	0,942	0,916
Echantillon 2(g)	0,897	0,894	0,924
Echantillon 3(g)	0,896	0,897	0,842

Pour calculer le pourcentage de variation massique des éprouvettes des différentes bouteilles après contact avec l'eau distillé en fonction du temps de séjour de l'échantillon à la température considérées (23 C°, 40°C et 60°C) on a utilisé l'équation selon la norme (JORA 150 :1999), Les résultats obtenus sont représentés ci-dessous(Tableau 3).

Tableau V: Pourcentage de variation de masse à 23C°, 40°C et 60°C.

	23°C	40°C	60°C
M2-M1 (mg)	-0,029	0,003	0,004
M3-M1 (mg)	-0,039	0,027	-0,005
P1 (%)	-1,058	0,109	0,148
P2 (%)	-1,423	-0,255	-0,186

D'après les valeurs de variation du taux de masse obtenues dans des conditions de mesure en fonction des température 23°C, 40°C et 60°C pendant 24, on a constaté que le taux de variation de masse à 23°C avant séchage et après séchage diminue par rapport à la masse d'éprouvettes avant immersion, et cette déférence est probablement due au phénomène de migration des composants du PET vers l'eau.

La pénétration des molécules d'eau dans le PET dépend fortement du taux de cristallinité du polymère, l'état structurel relatif du PET engendre une sensibilité aux molécules d'eau, régissant ainsi le phénomène d'absorptions. En outre la présence d'eau en contact avec le matériau, entraine une dégradation hydrolytique (Severin et al., 2011).

Résultats et discussion

Les résultats de variation de masse à 40°C et à 60°C avant séchage montrent une augmentation du taux de masse des éprouvettes et montre aussi une diminution de masse après séchage. Le phénomène d'absorption et de la migration stimulé par une température élevée pourrait être responsable de ces variations.

Les phénomènes d'échange entre le produit alimentaire et son emballage sont la résultante des interactions existant entre la matrice (l'emballage) et son environnement (Nielsen et Jagerstad, 1994).

L'étude statistique par le test de STUDENT à p-value 0,05 a révélé une différence non significative pour les éprouvettes à 23°C, 40°C et 60°C avant immersion et après immersion avec p-value=0,4987. P-value=0,4093 et p-value=0,8658 successivement.

On note aussi une différence non significative pour les éprouvettes à 23°C et 40°C avant séchage et après séchage avec p-value=0,3929 et p-value=0,5187 successivement.

Ces résultats traduisant un effet non significatif pourrait être expliqués par le nombre insuffisant d'échantillons. Cependant une différence significative avant séchage et après séchage pour les éprouvettes immergés à 60°C avec p-value=0,03775 est notée, ce qui confirme la présence du phénomène de migration.

3.2. Analyse par infrarouge du PET :

Les résultats d'analyses par infrarouge à transformation de Fourier des éprouvettes en PET qui ont été incubés à 23°C, 40°C et 60°C pendant 24h et 10 jours sont présentés sur la figure ci-dessous :

Résultats et discussion

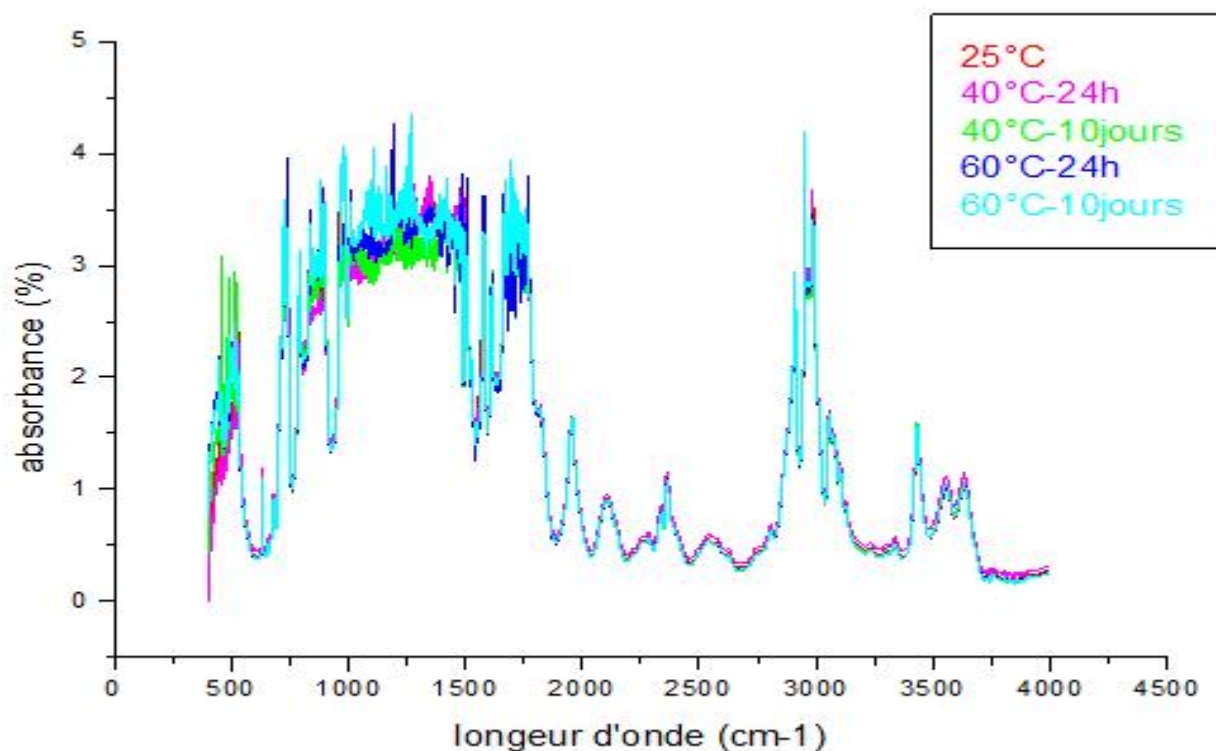


Figure 22: Spectres infrarouge des différentes éprouvettes de PET ayant contact avec le jus à 23°C, 40°C et 60°C.

L'analyse avec l'infrarouge nous a permis de mettre en évidence des différences par comparaison en superposant les spectres infrarouge des éprouvettes ayant été en contact avec le milieu aqueux dans les conditions thermiques de 40°C et 60°C pendant 24h et 10 jours avec l'échantillon témoin à température ambiante (PET vierge à 23°C).

Nous constatons que pratiquement dans le cas de toutes les courbes d'absorption (Annexe 7) des rayonnements infrarouges par les différents échantillons, les différences d'absorption sont localisées aux domaines de longueurs d'ondes de 300 à 500 et 750 à 1750 cm^{-1} par rapport au témoin.

D'après Van Willige et al. (2001) l'absorbance des composés d'arôme est moins importante à basse température, en revanche elle est plus fortement influencée par la température élevée, en passant de 4 à 40°C. Ce qui confirme que la température favorise la sorption des composés d'arôme dans le PET. Cette différence se justifie par le réarrangement moléculaire des unités constitutive du polymère mis en contact avec le jus à une température élevée.

Résultats et discussion

Ce phénomène mène au gonflement du polymère par les composés d'arômes qui relâchant la structure et augmentant ainsi le volume libre donc la diffusion de l'oxygène(Hernardz et al., 2009).

D'après Feigenbaum(1998) ont rapporté que toute substance (pigments, stabilisateurs) présente dans un matériau d'emballage peut migrer vers l'aliment

Par ailleurs, notre analyse montre clairement une différence d'absorption du rayonnement infrarouge lors des essais avec les éprouvettes mises en contact avec le jus, ils sont tous inférieurs à l'essai témoin, ce qui confirme l'effet de contact avec le jus sur le phénomène d'interaction entre les bouteilles en PET et le jus.

Une différence significative pour les deux tests, absorption et spectroscopie infrarouge entre les échantillons test et témoins, ont confirmé les phénomènes d'échange entre le produit et son emballage qui résultent des interactions existant entre l'emballage et son environnement. Les phénomènes d'échange traduits par une sorption ou une migration conduisent au transfert de constituants de l'emballage vers l'aliment qu'ont appelle migrants. (Alrayes, 2013).

Les migrants comme l'acétaldéhyde et le bisphénol peuvent induire des problèmes de toxicité (Alrayes, 2013).

- L'acétaldéhyde est absorbé chez l'homme par voie respiratoire ou orale au niveau du tractus gastro-intestinal. Des études in vitro ont montré que c'était un perturbateur endocrinien : il a un effet sur la fertilité, c'est un inhibiteur de la synthèse des stéroïdes au niveau testiculaire (Cicero et Bell, 1980). Une étude épidémiologique montre que l'acétaldéhyde est une substance cancérigène (Slaspuro, 2007 ; Seitz et Meier, 2007) et mutagène, clastogène et aneugène sur les cellules des mammifères (Echa, 2016).
- Le bisphénol est aussi considéré comme une substance cancérigène. Les risque évalués jusqu'à présent pour le bisphénol portent uniquement sur la femme enceinte et son enfant, il provoque une modification dans le développement de la glande mammaire et une augmentation de structure cellulaire considérées comme cibles privilégiées des cancérigènes chimique, il mène également a une formation de kystes ovariens (Marquet et al.2011).

Conclusion

Conclusion

Cette étude avait pour principal objectif de mettre en évidence l'influence du conditionnement en PET et en verre d'un jus sur ses propriétés physicochimiques et microbiologique et cela après exposition à des températures de 23°C, 40°C et 60°C pendant 24h et 10 jours.

Les analyses du contrôle de qualité de routine effectuées sur le produit fini, n'ont permis de remarquer aucune différence entre les deux lignes de produits.

Les paramètres que nous avons appliqués sur les échantillons des deux lignes de jus ont permis de confirmer qu'il y avait effectivement un impact du PET sur les caractéristiques du jus, en effet :

- L'augmentation de la température et la durée d'incubation montre une différence significative entre les pH des jus conditionnés des deux lignes. Le conditionnement en verre n'a présenté aucun effet sur le pH du jus, en revanche, le PET influe sur son pH.
- En ce qui concerne l'acidité du jus, un effet significatif est observé seulement pour le conditionnement, mais la température et la durée d'incubation n'ont pas d'effet.
- Le conditionnement n'a pas montré un effet sur le degré de Brix, la teneur en sucre reste stable pour le jus des deux lignes, par contre l'augmentation de la température et la durée de conditionnement a un effet significatif sur le degré de Brix du jus des deux lignes.
- L'augmentation de la température influe sur la teneur en acide ascorbique des deux lignes de jus, mais la durée n'influe que sur la ligne RB, en ce qui concerne l'effet du conditionnement nous ne pouvons pas nous prononcer étant donné qu'il y a ajout d'additifs dans la ligne PET qui sont absents dans la ligne RB.

L'étude analytique basée sur les résultats des différentes techniques utilisées à savoir : l'absorption et la spectroscopie FTIR pour confirmer le phénomène d'interaction a révélé une différence significative entre les éprouvettes de PET aux différentes températures pour le test d'absorption, l'analyse par la spectroscopie infrarouge montre clairement une différence d'absorption des éprouvettes mis en contact avec le jus à différentes températures.

L'effet de la température stimule donc les interactions entre le jus et l'emballage ce qui prouve que le PET n'est pas un composé sans danger.

Il serait donc intéressant de pousser et approfondir ce travail par :

Conclusion et perspective

Unediffractionaux rayons X et de déterminer les teneurs en tous les composants des jus, comme les protéines, les caroténoïdes, les sels minéraux, et les antioxydants et leur interaction avec le PET.

Il serait souhaitable d'étudier l'effet de ce genre d'emballage sur les jus naturels et leurs impacts sur la santé du consommateur, ainsi que d'essayer d'inventer d'autre contenant qui peut interagir dans le bon sens avec les produits contenus.

Il faut privilégier les emballages en verre et conserver la boisson au frais.

Liste bibliographique

- 1) Alrayes L. (2013). Etude des interactions PET –eau minérale dans les eaux embouteillées au Liban et approches analytiques des risques sanitaires. Thèse de doctorat en chimie analytique. Université Claude Bernard-Lyon I. 267p.
- 2) Amiot J. Fournier S. Lebeuf Y. Paquin P et Simpson R. (2002). Composition propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologie et technique d'analyse du lait. In Science et Technologie du lait. Transformation du lait. Ed. Ecole polytechnique de Montréal. PP : 1-6.
- 3) Anderson P. Mutagenesis. In *Methods in cell biology*. Academic press, (1995) ; vol.48, p.31-58.
- 4) Arctander S. *Perfume and Flavor Chemicals*, vols. II and I. Arctander S. Edition: Montclair, N, J. 1969.
- 5) Arfa D. (2008). Suivi des caractéristiques microbiologiques et physicochimiques de jus de dattes conservés par irradiation gamma. Thèse de technicien supérieur en industrie agroalimentaire. Institut supérieur des études technologiques de Zaghouan, Département des industries Agro-alimentaires, 40p.
- 6) Arlie J. (1977). *thermoplastique de grand tonnage : caractéristiques technique et économique*. Paris France. *techniq* 117 p.
- 7) Benaïche J. (2001). Jus d'orange concentré : extraction et conservation. Edition : techniques ingénieur. *Procédés technologiques de transformation et de conservation*.
- 8) Berlinet C. (2006). Etude de l'influence de l'emballage et de la matrice sur la qualité du jus d'orange. *Sciences du Vivant [q-bio]*. ENSIA (AgroParisTech), Français.
- 9) Bergeret, Jean. Teneur en acide ascorbique de quelques aliments du sud caméronien Etude critique des différentes méthodes de dosage. *La revue médecine tropicale*. (1957), 17-2pp.
- 10) Boussoum. M, O. (2012). Étude de méthodes de traitement pour diminuer la migration à partir des emballages en pvc. Thèse de Doctorat en Génie de L'environnement. Université Alger, 117p.
- 11) Brémaud C. Claisse J.R. Leulier F. Thibault J. Urich E. (2006). *Alimentation, Santé, Qualité de l'environnement et du cadre de vie en milieu rural*. Edition : Educagri. DIJON Cedex, France. 165-171p.

- 12) Ceretti E. Zerbini I. Guzzella L. Scaglia M. Berna V. Donato F. Monarca S. Feretti D. (2010). Comparative assessment of genotoxicity of mineral water packed in glass bottles, *Water Research*, 44, p.1462-1470.
- 13) Cicero T.J et Bell R.D. Effects of ethanol and acetaldehyde on the biosynthesis of testosterone in the rodent testes. *Biochem Biophys Res Commun*, (1980) ; vol 94, p.814-819.
- 14) Dromigny E. (2012). Les critères microbiologiques des denrées alimentaires. Edition : TEC et DOC. Lavoisier. Paris : 268p.
- 15) Dziecoil M., Etrzeszynski J. (1988). Studies of temperature influence on volatile thermal degradation products of poly (éthylène téréphtalate). *Journal of applied polymer science* 69(12).377-381p.
- 16) Feigenbaum A. (1998). Evaluation de la migration des matériaux plastiques au contact des aliments par des méthodes alternatives. L'emballage des denrées alimentaires de grande consommation. Edition : Lavoisier Tec et Doc. Paris : 71-103p.
- 17) Feigenbaum A, Barthelemy E. (2006). Evaluation sanitaire des matériaux en poly (éthylène téréphtalate) recyclés utilisés en tant que matériaux au contact des denrées alimentaires et de l'eau de boisson. Agence française de sécurité sanitaire des Aliments. 61p.
- 18) Francis A, J. Harmer P, W. (1988). Fruit juices and soft Drinks. In RANKEN, M.D. *Food industries manual*, 22nd édition Blakies and son Ltd.249-284p.
- 19) Gardner. Peter T. White. Tamsin AC, Mcphail. Donald B. et al. The relative contributions of vitamin C, carotenoids and phenolics to the antioxidant potential of fruit juices. *Food chemistry*, (2000) ; vol. 68, n° 4, p. 471-474.
- 20) Gil-izquierdo. Angel. Gil, Maria I. et Ferreres Federico. Effect of processing techniques at industrial scale on orange juice antioxidant and beneficial health compound. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (2002) ; vol. 50, n° 18, p. 5107-5114.
- 21) Hernandez-Munoz P. Catalar R. Gavara E. Effect of sorbed oil food. Arom loss through packaging materials. *Journal of agricultural and Food chemistry*, (1999) ; vol.47, n°10, p. 4370-4374.
- 22) Huelin F. E. Coggiola I. M. Sidhu G. S. *et al.* The anaerobic decomposition of ascorbic acid in the pH range of foods and in more acid solutions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, (1971) ; vol. 22, n° 10, p. 540-542.

- 23) Hindrix C, M. Redd J, B. (1995). Chemistry and technologies of citrus juices and by-products, in : Aschurst, P.R. (ED) 1995. Production and packaging of non carbonated juices and fruit beverages Blackie. Academic and Professional.
- 24) ISO 1842 :1991. Produits dérivés des fruits et légumes – Mesurage du pH.
- 25) JORA 150 :1999. Calculer de pourcentage massique des éprouvettes.
- 26) JORA 1508 :1990. Détermination de l'action des agents chimiques liquides y compris l'eau.
- 27) Kaanane A. Kane D. et Labuza. T P. Time and temperature effect on stability of Moroccan processed orange juice during storage. Journal of Food Science, (1988) ; vol. 53, n° 5, p. 1470-1473.
- 28) Kennedy. John F. Rivera, Zenaida S., Lloyd, Linda L., *et al.* L-Ascorbic acid stability in aseptically processed orange juice in TetraBrik cartons and the effect of oxygen. *Food Chemistry*,(1992) ; vol. 45, n° 5, p. 327-331.
- 29) Kenneth M. Betty B. Food packaging-Rôles, Materials and Environmental Issues. Journal of Food science, (2007); vol. 72, n°3, p.39-55.
- 30) Konkol L, 2004. Contaminants levels in recycled .PET plastic. Thèse : Environnement and biotechnology. Université de Victoria Australia. p319.
- 31) Kouamestephane A, K. (2009). Institut national Felix Houphouët-Boigny de Yamoussoukro (Côte d'Ivoire)-ingénieur des techniques agricoles .Mémoire en ligne-un emballage alimentaire.
- 32) Leclercq M. (2000). Les indicateurs coliformes : Classification, Identification, Signification. Cours international sur les coliformes *Escherichia coli* .Institut Pasteur de Lille : 2-7p.
- 33) Lopez F. F. Cabrera C. Lorenzo M. L Lopez M.C. (2002). Aluminium content of drinkingwaters, fruit juices and soft drinks; contribution to dietary intake. The Science of the Total Environment.
- 34) Majda H.2013. Verres d'oxydes lourds à base de Sb_2O_3 , exploration, caractérisation physico-chimiques et applications à l'amplification optique. Thèse de doctorat en science physique. P187.
- 35) Naim, Michael, Schutz, Osnat, Zehavi, Uri, *et al.* Effects of orange juice fortification with thiols on p-vinylguaiacol formation, ascorbic-acid degradation, browning, and acceptance during pasteurization and storage under moderate conditions. Journal of agricultural and food chemistry,(1997) ; vol. 45, n° 5, p. 1861-1867.

- 36)** Nait-ali kako L. (2008). Le PET recyclé en emballages alimentaires : approche expérimentale et modélisation .Thèse de doctorat en chimie des matériaux .Université Montpellier.213p.
- 37)** Nielsen, Tim, Margretha Jagrstact. Flavourscalping by food packaging, ttrends in food science et technologie,(1994) ;vol.5,n°11,p.353-356. p. 353-356.
- 38)** Pierre, Y P. (2001).Migration à partir de bouteilles en PET recyclé. Elaboration et validation d'un modèle applicable aux barrières fonctionnelles. Thèse de Doctorat en chimie. Université de Reims-Champagne Ardenne, 292p.
- 39)** Petit Boileau, S. (2003).Préparation de petite surface du PET avant métallisation : étude et comparaison des procédés laser excitée et plasma hors équilibre. Thèse de Doctorat .Université Paris 6.
- 40)** Reyene M. (2002). Plastiques : polymères transformation et applications. Edshérms, paris 1-3p.
- 41)** Roig M G. Bello J F. Rivera Z S. Kennedy J F. Studies on the occurrence of non enzymatic browning duringstorage of citrus juice. Food Research International,(1990) ;vol. 32,n° 9,p.619.
- 42)** sánchez-moreno C. Plaza L. De ancos B *et al.* Quantitative bioactive compound assessment and their relative contribution to the antioxidant capacity of commercial orange juices. Journal of the Science of Food and Agriculture, (2003) ; vol. 83, n° 5, p. 430-439.
- 43)** Sax I. (2010). Polyéthylène téréphtalate, May yield endocrine disruptors. Environmental. Environmental, Health perspectives.(2009) ; vol.118, n°4,p 445-448.
- 44)** Seitz H.K. Meier P. The rol of acetaldehyde in upper digestive tract cancer in alcoholics. Transl Res, (2007) ; vol.149,n°6, p.293-297.
- 45)** Severin, Isabelle, Anne-Marie Riquet et Marie-Christine chagnon. Évaluation et gestion des risques Matériaux d'emballage à contact alimentaire. Cahiers de nutrition et de diététique, (2011) ; vol.46, n°2, p59-66
- 46)** Slaspuro M. Interrelation ship between alcohol, smoking, acetaldehyde and cancer. Navartis Found Symp, (2007) ; vol 285, p.80-89.
- 47)** Solanke .N, D. Sontakke, SH. et Verama .S. Study on effect of carbonation on the proprietes of fruits juices. International journal of curent microbiologie and applied sciences, (2017) ; vol 6, n°4, p. 2426-2432.

- 48)** Trotignon JP. Verdu J. Dobraczynski A. Piperaud M. (2006). Matières plastiques. Structures propriétés, mise en œuvre, normalisation. Edition : Nathan 2. 231 p.
- 49)** Vandegans J. Mersabiec A. Moenin G. (1997). Spectroscopie Infrarouge à Transformée de Fourier. Technique de l'ingénieur PE 28825. 1-42p.
- 50)** Verdu J. (1990). Traité des matières plastique : Vieillesse chimique. Techniques de l'ingénieur A3150.
- 51)** Ward E. Addressing nutritional gaps with multivitamin and mineral supplements. Nutrition journal,(2014) ; Vol, 13, pp. 72.
- 52)** Yang. M. kim S.Y. Chang S.S. Lee I.S et Kawamoto T. Urinary concentrations of bisphenol A in relation to biomarkers of sensitivity and effect endocrine-related health effects. Environmental and molecular mutagenesis, (2006) ; vol. 47, n°8, p.571-578.
- 53)** Yuan J.P et Chen F. Degradation of ascorbic acid in aqueous solution Journal of Agricultural and Chemistry,(1998) ;vol. 46, n°12, P. 5078-5082.
- 54)** Zulueta A. Esteve M. J. et Frigola A. Ascorbic acid in orange juice–milk beverage treated by high intensity pulsed electric fields and its stability during storage. Innovative food science and emerging technologies, (2010) ; vol. 11, n° 1, p. 84-90.

Annexes

A1 : Traitements des eaux :

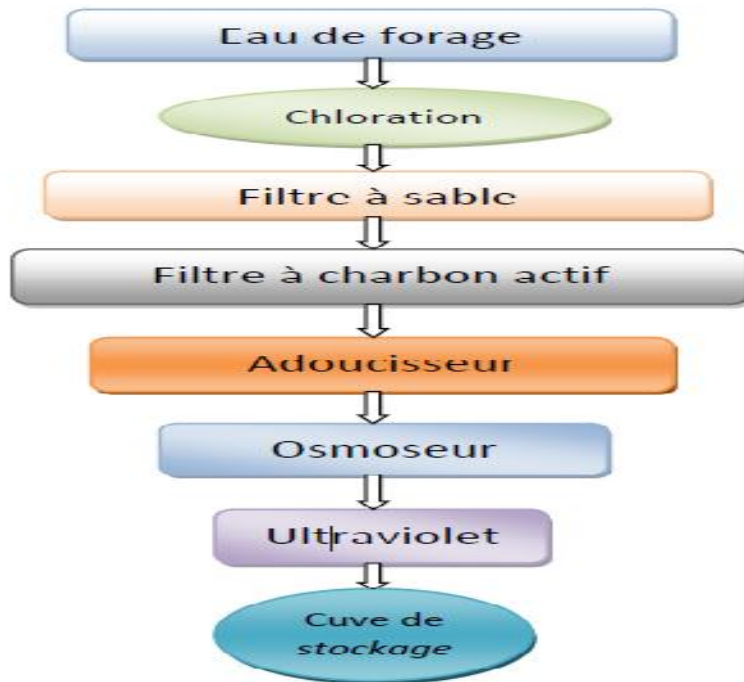
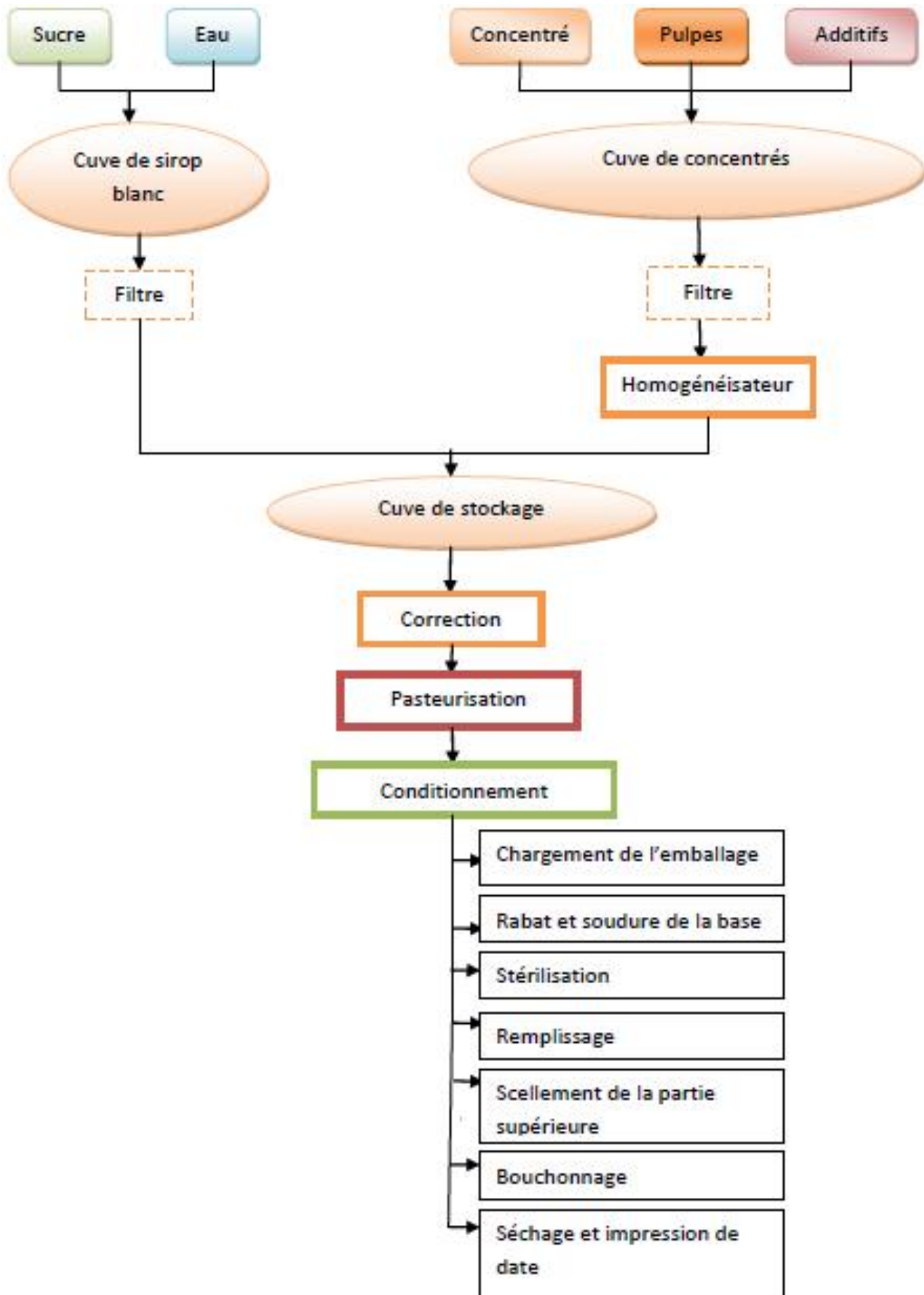


Figure 1 : Traitements des eaux.

A2 : Préparation du jus :**Figure 2 :** Préparation du jus.

A3 : Propriétés thermique :

L'analyse thermique du PET par DSC (Differential Scanning Calorimetry ou Analyse Thermique Différentielle) permet de montrer la présence de trois transitions principales décrite sur la figure C.

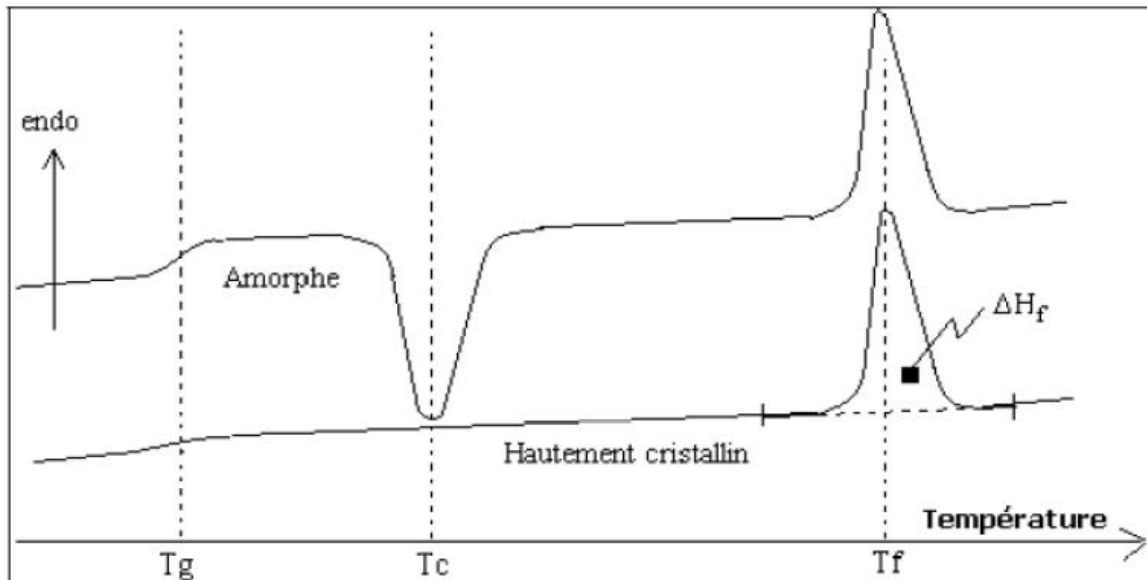


Figure 3 : Analyse thermique du PET (DSC) (Pierre, 2001).

A4 : Localisation de l'entreprise :



Figure 4 : Carte géographique de la position de ce vital unité De-Elkseur (Site électronique).

A5 : Résultats physicochimique et microbiologique de produit fini PET et RB :

Tableau I : Résultats physicochimique et microbiologique de produit fini PET et RB.

	Résultats physicochimiques PET			Résultats microbiologiques PET	
	pH	Acidité	Brix	Coliformes	Moisissure, Levures
Echantillon 1(30min)	3,06	2,36	12,8	absence	absence
Echantillon 2 (1h)	3,07	2,43	12,6	absence	absence
Echantillon 3 (1h30min)	3,08	2,43	12,5	absence	absence
Echantillon 4 (2h)	3,07	2,30	12,6	absence	absence
Echantillon 5 (2h30min)	3,07	2,43	12,6	absence	absence
	Résultats physicochimiques RB			Résultats microbiologiques RB	
	pH	Acidité	Brix	Coliformes	Moisissure, Levures
Echantillon 1(30min)	2,99	2,56	12,9	absence	absence
Echantillon 2 (1h)	2,98	2,49	12,8	absence	absence
Echantillon 3 (1h30min)	2,97	2,56	12,9	absence	absence
Echantillon 4 (2h)	3,02	2,56	12,8	absence	absence
Echantillon 5 (2h30min)	2,98	2,49	12,8	absence	absence

A 6 : l'analyse physico-chimique du produit fini traité :

Tableau II: Résultats physicochimiques et microbiologique de produit fini traité.

Résultats physicochimiques PET				Résultats microbiologiques PET			
		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
pH	23°C	3,10	3,06	3,05	absence	absence	absence
	40°C 24h	3	2,97	3,01	absence	absence	absence
	40°C 10jours	2,93	2,90	2,94	absence	absence	absence
	60°C 24h	2,90	2,87	2,88	absence	absence	absence
	60°C 10jours	2,85	2,84	2,85	absence	absence	absence
Acidité	23°C	2,56	2,49	2,35	absence	absence	absence
	40°C 24h	2,56	2,56	2,62	absence	absence	absence
	40°C 10jours	2,80	2,75	2,82	absence	absence	absence
	60°C 24h	2,68	2,56	2,68	absence	absence	absence
	60°C 10jours	2,62	2,56	2,62	absence	absence	absence
Brix	23°C	12,8	12,9	12,9	absence	absence	absence
	40°C 24h	12,7	12,7	12,7	absence	absence	absence
	40°C 10jours	12,9	12,9	13	absence	absence	absence
	60°C 24h	12,8	12,8	12,8	absence	absence	absence
	60°C 10jours	13,1	13,2	13,1	absence	absence	absence
Résultats physicochimiques RB				Résultats microbiologiques RB			
		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
pH	23°C	2,90	2,92	2,93	absence	absence	absence
	40°C 24h	2,72	2,75	2,74	absence	absence	absence

	40°C 10jours	2,75	2,73	2,70	absence	absence	absence
	60°C 24h	2,70	2,73	2,69	absence	absence	absence
	60°C 10jours	2,70	2,72	2,68	absence	absence	absence
Acidité	23°C	2,68	2,68	2,75	absence	absence	absence
	40°C 24h	2,94	2,81	2,81	absence	absence	absence
	40°C 10jours	2,75	2,81	2,75	absence	absence	absence
	60°C 24h	2,81	2,88	2,75	absence	absence	absence
	60°C 10jours	2,88	2,94	2,88	absence	absence	absence
Brix	23°C	12,9	12,8	12,9	absence	absence	absence
	40°C 24h	12,5	12,5	12,6	absence	absence	absence
	40°C 10jours	12,8	13	12,9	absence	absence	absence
	60°C 24h	13	13	13	absence	absence	absence
	60°C 10jours	13,1	13,1	13,1	absence	absence	absence

A7 : Les spectres d'analyse infrarouge :

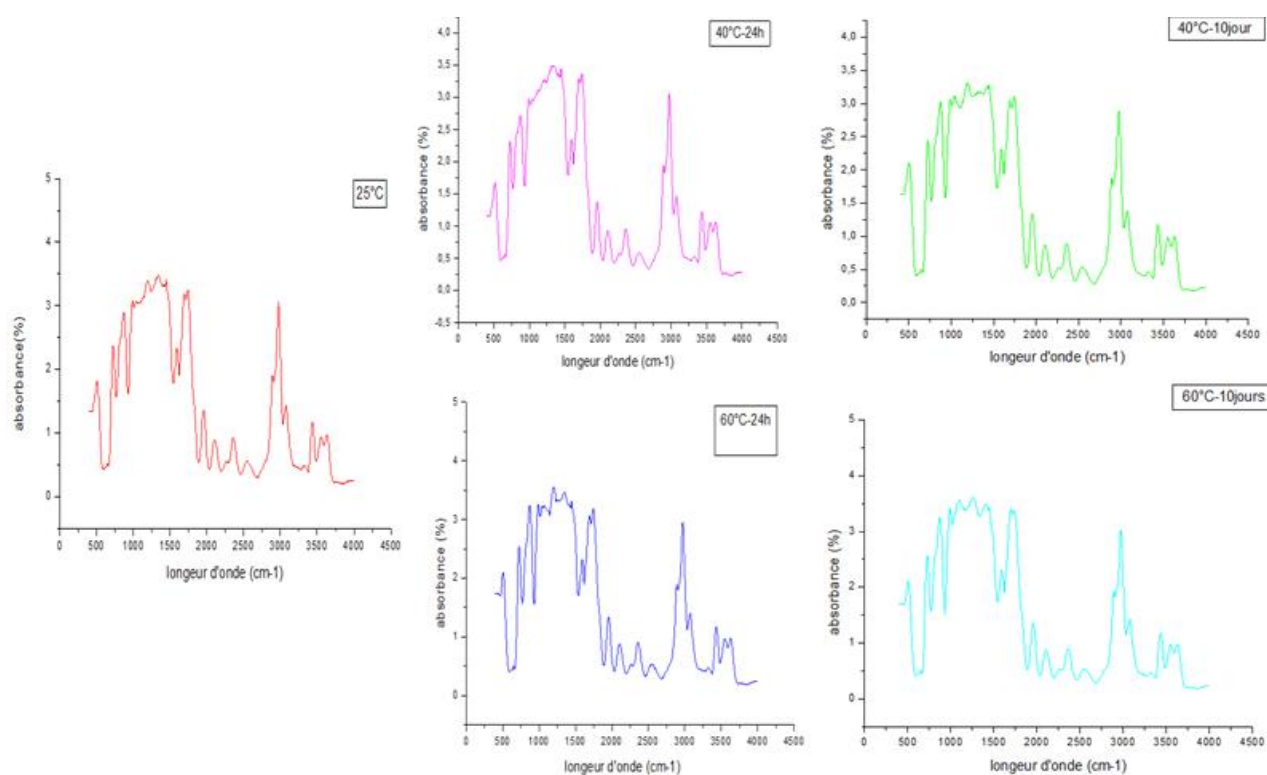


Figure 4: Les spectres infrarouges des différentes éprouvettes de PET ayant contact avec le jus à 23°C, 40°C et 60°C.

Résumé

Le jus d'orange est une denrée alimentaire riche en vitamine C, il est consommé à grande échelle. Afin de garder ces qualités nutritionnelles et organoleptiques, le jus est conditionné dans un emballage. Il existe plusieurs emballages, les plus utilisés sont le verre et le PET. L'objectif de cette étude est de démontrer l'effet de la température et la durée d'exposition sur l'influence du conditionnement (PET et verre) sur les paramètres physicochimiques et nutritionnels du jus d'orange commercialisés ainsi que la mise en évidence des interactions entre le PET et le produit (la migration et la perméation). Pour répondre à la problématique, trois gammes d'échantillons ont été récupérées pour analyse et ont été exposés à différentes températures et durées. Les résultats obtenus montrent qu'il y a une différence significative entre les trois échantillons concernant le pH, l'acidité et le degré de Brix. Les résultats des tests d'absorption d'eau et l'infrarouge sur le PET ont confirmé l'interaction entre le produit et son emballage.

Mots clés : Jus d'orange, vitamine C, interaction, PET, verre, migration, perméation, température.

Abstract

Orange juice is a food rich in vitamin C, it is consumed on large scale. The juice is packed in a package in order to keep these nutritional and organoleptic qualities. There are several packaging, the most used are glass and PET. The objective of this study is to demonstrate the effect of temperature and duration of exposure on the influence of the packaging (PET, Glass) on the physicochemical and nutritional parameters of commercial orange juice, and highlighting the interactions between PET and product (migration and permeation). To answer the problematic, three range of samples were recovered for analysis and exposed to different temperatures and duration. The recovered results show that there is a significant difference between the three samples regarding pH, acidity, Brix degree. The result of water absorption tests and infrared on the PET have confirmed the interaction between the product and its packaging.

Keywords : Orange juice, vitamin C, interaction, PET, glass, migration, permeation, temperature.