

Effets de différentes concentrations d'éthéphon sur les paramètres physico-chimiques du mûrissement de la papaye (*Carica papaya* L.) variété Solo Golden entreposée à la température ambiante

Konan Oliver KOUAKOU^{1*}, Kouamé René N'GANZOUA² et Kouadio Théodore ALLA³

¹ Université Felix Houphouët Boigny, UFR Biosciences, Département de Physiologie Végétale, Laboratoire de Biotechnique Agriculture et Valorisation des Ressources Biologiques, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire

² Université Jean Lorougnon Guédé, UFR Agroforesterie, Département d'Agropédologie, Laboratoire d'Amélioration de la Production Agricole, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

³ Institut Pédagogique National de l'Enseignement Technique et Professionnel, Département de Formation des Formateurs aux Métiers de l'Agriculture, Laboratoire d'Agriculture et d'Agro-transformation, 08 BP 2098 Abidjan 08, Côte d'Ivoire

(Reçu le 19 Août 2022 ; Accepté le 10 Octobre 2022)

* Correspondance, courriel : kouakouolivierkonan@hotmail.com

Résumé

L'éthéphon est un éthylène de synthèse de plus en plus utilisé pour le mûrissement de la papaye en Côte d'Ivoire sans aucune connaissance scientifique de ses effets sur ce fruit. Des études ont donc été conduites au laboratoire de physiologie végétale en 2011-2012 pour évaluer l'effet de ses différentes concentrations et de la durée d'incubation en atmosphère non renouvelé sur le mûrissement de la papaye, variété Solo Golden. Ainsi, 9 traitements, T0 (0 µL / L), T1 (100 µL / L et 24 heures de confinement), T2 (100 µL / L et 48 heures de confinement), T3 (500 µL / L et 24 heures de confinement), T4 (500 µL / L et 48 heures de confinement), T5 (1000 µL / L et 24 heures de confinement), T6 (1000 µL / L et 48 heures de confinement), T7 (3000 µL / L et 24 heures de confinement) et T8 (3000 µL / L et 48 heures de confinement), ont été appliqués selon un dispositif en Bloc Aléatoire Complet à 3 répétitions et ont permis de caractériser les stades de mûrissement et de déterminer l'effet de l'éthéphon sur les paramètres physico-chimiques du fruit entreposés à la température ambiante pour mûrissement. Les résultats ont montré que le mûrissement est un processus caractérisé par un déverdissement de l'épicarpe en plusieurs étapes associé à une intensification graduelle de la coloration de la pulpe. Globalement, l'éthéphon réduit le délai de mûrissement. La coloration de l'épicarpe n'est pas significativement influencée par les traitements effectués. La coloration de la pulpe des fruits mûrissants est moins intense. Après deux jours d'incubation, au stade tournant jaune, la fermeté des fruits et de la pulpe diminue avec l'augmentation de la concentration. Le pH et l'acidité titrable sont plus bas avec un taux d'extrait sec soluble identique à celui des fruits témoins. Les traitements T1 (100 µL / L et 24 heures de confinement) et T2 (100 µL / L et 48 heures de confinement) optimisent le mûrissement. L'éthéphon à 100 µL / L peut être recommandé aux acteurs de la filière papaye.

Mots-clés : papaye, éthéphon, mûrissement, paramètres physico-chimiques.

Abstract

Ethephon different concentrations effects on ripening physicochemical parameters of papaya (*Carica papaya* L.) Solo Golden variety stored at room temperature

Ethephon is a synthetic ethylene increasingly used for papaya ripening in Côte d'Ivoire without any scientific knowledge of its effects on this fruit. Studies were therefore conducted in plant physiology laboratory in 2011-2012 to evaluate effects of its different concentrations and incubation time in non-renewed atmosphere on the ripening of papaya, Solo Golden variety. Thus, 9 treatments, T0 (0 $\mu\text{L/L}$), T1 (100 $\mu\text{L/L}$ and 24 hours of confinement), T2 (100 $\mu\text{L/L}$ and 48 hours of confinement), T3 (500 $\mu\text{L/L}$ and 24 hours of confinement), T4 (500 $\mu\text{L/L}$ and 48 hours of confinement), T5 (1000 $\mu\text{L/L}$ and 24 hours of confinement), T6 (1000 $\mu\text{L/L}$ and 48 hours of confinement), T7 (3000 $\mu\text{L/L}$ and 24 hours of confinement) and T8 (3000 $\mu\text{L/L}$ and 48 hours of confinement), were applied in a 3-repeat Randomized Block Design and were used to characterize ripening stages and to determine ethephon effects on physico-chemical parameters of fruit stored at room temperature for ripening. Results showed that ripening is a process characterized by an unraveling of the epicarp in several steps associated with a gradual intensification of pulp coloration. Overall, ethephon reduced ripening time. Epicarp coloration was not significantly influenced by treatments. Pulp coloration of ripening fruits is less intense. After two days incubation, at yellow turning stage, fruits and pulp firmness decreases with the increase of concentration. Titratable acidity and pH are lower with a soluble dry extract rate identical to that of the control fruits. Treatments T1 (100 $\mu\text{L/L}$ and 24 hours of confinement) and T2 (100 $\mu\text{L/L}$ and 48 hours of confinement) optimize ripening. Ethephon at 100 $\mu\text{L/L}$ can be recommended to actors of papaya sector.

Keywords : *papaya, ethephon, ripening, physico-chemical parameters.*

1. Introduction

Le papayer, (*Carica papaya*), originaire des côtes caraïbéennes d'Amérique centrale [1], est une Spermaphyte, de la classe des Dicotylédones, de l'ordre des Pariétales, de la famille des Caricacées, hybride naturelle entre *Carica peltata* et d'autres espèces sauvages [2]. L'arbre est généralement cultivé pour ses fruits riches en nutriments divers consommés frais en dessert. La variété Solo Golden résulte d'une sélection massale de Solo Sunrise [3]. En effet la papaye riche en vitamine C et en provitamine A est peu calorique [4]. Récolté à l'état vert immature, il est consommé cuit comme légume. Outre les fruits, le papayer est cultivé pour, son exsudat provenant des fruits verts immatures, latex riche en papaine et chymopapaine. Les feuilles du papayer sont soit à l'état jeune consommés en salade soit à l'état âgé utilisées en pharmacopée traditionnelle de même que les racines [2]. La production mondiale de papaye est en nette progression. Elle est passée de 5,6 millions de tonnes en 2002 à 6,8 millions de tonnes en 2004 [2 - 4]. En Côte d'Ivoire, premier producteur africain avec 1806 tonnes à l'exportation en 2007, la papaye Solo est la variété la plus cultivée [5, 6]. Sa production s'élève à 1 000 tonnes dont 600 tonnes sont exportées. De plus en plus, la production est orientée vers le marché local. L'éthéphon, qui est un éthylène de synthèse autre fois utilisé dans le secteur des fruits comme la banane douce et les plantains pour accélérer leur mûrissement afin de répondre à la demande sans cesse croissante du marché, est aujourd'hui appliqué sur d'autres fruits tels la papaye pour uniformiser aussi leur maturation après la récolte. L'objectif général de cette étude est d'apprécier le mûrissement de la papaye Solo Golden sous l'application d'éthéphon pour le rendre plus disponible à la consommation. De façon spécifique, il s'agit de caractériser les stades visuels du mûrissement de la papaye Solo Golden et de déterminer l'effet d'un traitement à l'éthéphon sur les paramètres physiques et chimiques du mûrissement de la papaye Solo Golden.

2. Matériel et méthodes

2-1. Lieu de l'étude

Les essais de mûrissement ont été réalisés au laboratoire de physiologie végétale de l'UFR Biosciences de l'Université Félix Houphouët Boigny de 2011 - 2012. Les fruits récoltés ont été conditionnés et délicatement acheminés au laboratoire dans un délai maximum de 6 heures.

2-2. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé est le fruit du papayer (*Carica papaya* L.) de la variété Solo Golden (**Figure 1**). Les fruits ont été récoltés à la main au stade vert clair (110 jours environ après la floraison) sur des papayers âgés de 13 mois dans un champ paysan de 2500 m² de superficie et de densité 2000 pieds à l'hectare, situé dans la ville de Dabou au Sud côtier de la Côte d'Ivoire entre la latitude 5°19 N et la longitude 4°22 W avec une altitude de 54 m. Cette variété a été utilisée pour les expérimentations sur la base de sa grande importance culturelle et de goût très apprécié.



Figure 1 : *Papaye variété Solo Golden*

2-3. Matériel chimique

Pour le mûrissement de la papaye, nous avons eu recours à l'éthéphon. L'éthéphon est un acide synthétisé à partir de trichlorure de phosphore et d'oxyde d'éthylène. Sa formule est C₂H₆ClO₃P. Il est utilisé comme un régulateur de maturation pour accélérer le mûrissement de certains fruits, notamment, la coloration en jaune ou jaune-orangé de beaucoup de fruits préclimactériques et de légumes. Sa structure chimique est présentée par la **Figure 2**.

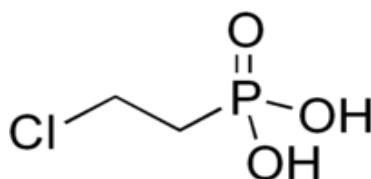


Figure 2 : *Structure chimique de l'éthéphon*

2-4. Matériel de caractérisation des stades de mûrissement

Les stades de mûrissement ont été déterminés à l'aide de l'échelle colorimétrique de l'épicarpe de la papaye Maradol (*Figure 3*).

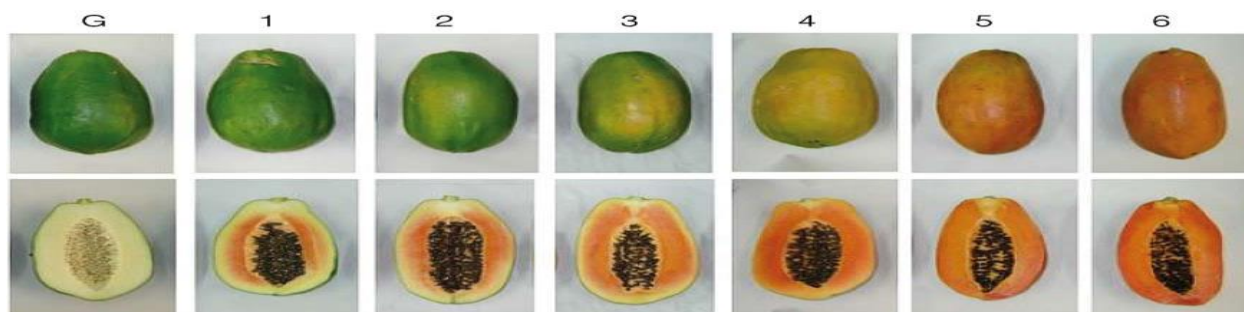


Figure 3 : Echelle colorimétrique de la papaye « Maradol » décrivant les stades de mûrissement
G : stade vert ; 1 : stade vert-clair ; 2 : stade vert tournant jaune ; 3 : stade jaune-vert ; 4 : stade jaune-orangé ; 5 : stade orangé ; 6 : stade orange vif

2-5. Traitements et dispositif expérimental

Au laboratoire, après lavage à l'eau de robinet et séchage à la température ambiante de $28 \pm 2^\circ \text{C}$, les fruits ont été d'abord triés et pesés pour ne retenir que ceux dont la masse était comprise entre 300 et 450 grammes. Ensuite, 5 différentes solutions aqueuses d'éthéphon (acide phosphonique 2-chloroethyl) de concentrations respectives 0, 100, 500, 1000 et 3000 $\mu\text{L} / \text{L}$ ont été préparées pour le prétraitement des fruits. Ainsi, dans chaque solution concentrée, 36 fruits rigoureusement sélectionnés ont été immergés pendant 5 min, puis mis à sécher à la température ambiante ($28 \pm 2^\circ \text{C}$). Dans chaque cas, les fruits prétraités (ou témoin) ont été confinés dans l'atmosphère non renouvelé d'un récipient en plastique de 20 litres. Les fruits ont été retirés de l'enceinte du récipient en plastique après 24 ou 48 heures [7], puis entreposés en ligne suivant un espacement de 10 x 10 cm pour mûrissement, à l'air libre à la température ambiante et sous une humidité relative de 0,8 - 0,9 dans des casiers en bois de dimension 80 x 80 x 15 cm surmontés de grille métallique. En considérant les 5 concentrations d'éthéphon et les deux durées de confinement, 9 traitements ont été testés :

- T0 (0 $\mu\text{L} / \text{L}$) ;
- T1 (100 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 24 heures de confinement) ;
- T2 (100 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 48 heures de confinement) ;
- T3 (500 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 24 heures de confinement) ;
- T4 (500 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 48 heures de confinement) ;
- T5 (1000 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 24 heures de confinement) ;
- T6 (1000 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 48 heures de confinement) ;
- T7 (3000 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 24 heures de confinement) ;
- T8 (3000 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 48 heures de confinement).

Le dispositif expérimental utilisé était 3 blocs complets randomisés de 9 traitements chacun. Chaque traitement comportait 12 fruits.

2-6. Paramètres mesurés pendant l'entreposage

2-6-1. Caractérisation visuelle des stades du mûrissement de la papaye

Les différents stades de mûrissement des fruits ont été visuellement déterminés par simple observation à partir d'une échelle des couleurs de l'épicarpe et de la pulpe de la papaye « Maradol » proposée par [8]. La méthode consiste à faire une comparaison visuelle de la couleur de l'échelle avec la couleur du fruit entreposé pour mûrissement. La couleur de l'échelle la plus proche de celle de la papaye mûrissante a été retenue pour caractériser le stade du mûrissement de la papaye Solo Golden.

2-6-2. Paramètres physiques et chimiques du mûrissement

La mesure des données physiques a concerné :

- Délai de mûrissement

Il est estimé en jours et représente le temps compris entre la date de la récolte où le fruit est au stade vert clair et celle d'apparition du stade jaune de l'organe [9].

- Coloration de l'épicarpe et de la pulpe

Les couleurs ont été déterminées par observation et exprimées en unités arbitraires. Celles de l'épicarpe du fruit mûrissant ont été appréciées comme précédemment. Pour déterminer la couleur de la pulpe par contre, le fruit a été fendu longitudinalement. Une comparaison avec l'échelle colorimétrique de la papaye Maradol [8] en mûrissement a été réalisée.

- Fermeté du fruit entier et de la pulpe

La détermination de la fermeté du fruit entier et de la pulpe a été faite à l'aide d'un pénétromètre de type arbalète, et exprimée en kg [10]. L'embout cylindrique de l'instrument a été appliqué sur les extrémités proximale et distale ainsi que sur la région médiane de l'organe entier ou localement débarrassé de l'épicarpe, en y exerçant une pression jusqu'à pénétration complète. La moyenne des trois valeurs indiquées par le curseur sur une échelle graduée représente la fermeté du fruit. Quant à la détermination des paramètres chimiques du mûrissement, trente (30) grammes de pulpe prélevés longitudinalement dans le fruit ont été homogénéisés dans 90 ml d'eau distillée et centrifugé 6000 trs / min pendant 10 minutes [11]. Le filtrat recueilli a servi pour la détermination du pH, l'acidité titrable et les taux d'extrait sec soluble.

- pH

L'électrode d'un pH-mètre de type PICCOLO déjà calibré a été plongée dans 15 ml d'extrait de pulpe contenu dans un bocal. La valeur numérique affichée à l'écran de l'appareil représente le pH de l'extrait de pulpe [11].

- Acidité titrable

L'acidité titrable a été déterminée par titrage avec une solution de NaOH 0,1 N en présence de phénolphthaléine de 25 ml de jus de pulpe. Elle est exprimée en meq / 10 g de pulpe fraîche [9].

- Taux d'extrait sec soluble

Le taux d'extrait sec soluble a été évalué en versant deux gouttes de jus de pulpe sur le prisme d'un réfractomètre de type ATAGO Refractometer PRI \pm 0,2 %, préalablement étalonné. Les valeurs sont exprimées en °Brix [9].

2-7. Analyse statistique

Les résultats obtenus ont été soumis à l'analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel STATISTICA 7.1. En cas de différences significatives, les moyennes ont été comparées et classées en groupes homogènes par le test de Student-Newman-Keuls au seuil de 5 %.

3. Résultats

3-1. Caractéristiques visuelles du mûrissement de la papaye Solo Golden entreposée à la température ambiante

Durant le mûrissement à la température ambiante de 28 ± 2 °C (**Figure 4**), la papaye Solo Golden a subi des étapes successives de déverdissement de l'épicerpe des stades I (vert clair), II (tournant jaune), III (jaune vert), IV (jaune). Ce déverdissement a été concomitant à la coloration de la pulpe. Ainsi du stade I au stade IV, la pulpe blanchâtre devient rouge intense.



Figure 4 : Stades caractéristiques de la coloration de l'épicerpe et de la pulpe pendant le mûrissement de la papaye Solo Golden

3-2. Effets de l'éthéphon sur les paramètres physiques du mûrissement

3-2-1. Délai de mûrissement

Après 1 et 2 jours d'incubation, les délais d'apparition des stades tournant jaune et jaune des fruits traités (**Figure 5**) décroissent avec l'augmentation de la concentration de l'éthéphon, mais restent inférieurs à ceux des fruits témoins (7 et 10 jours). Pour une même concentration comprise entre 100 et 1000 $\mu\text{L} / \text{L}$, ces stades sont atteints plus vite pour 2 jours d'incubation que pour un. Au-delà de 1000 $\mu\text{L} / \text{L}$ d'éthéphon, le délai d'apparition des stades tournant jaune et jaune n'est plus influencé par la durée d'incubation.

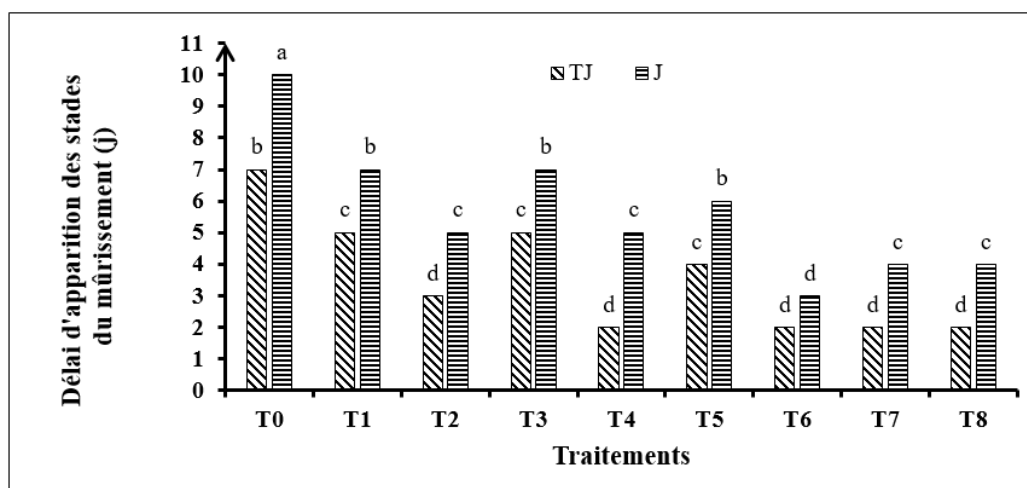


Figure 5 : Délais d'apparition des stades du mûrissement des papayes Solo Golden en fonction des traitements

TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune. Dans l'histogramme, les bandes affectées des différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (test de Student-Newman-Keuls).

3-2-2. Coloration de l'épicerpe et de la pulpe

La coloration de l'épicerpe et de la pulpe est respectivement présentée par les figures 6A et 6B. On note que pour la coloration de l'épicerpe des fruits (**Figure 6A**), l'indice relatif aux papayes traitées augmente de 1,87 à 6,00 du stade vert clair au stade jaune. Cette évolution n'est influencée ni par les durées d'incubation, ni par les différentes concentrations d'éthéphon. Pour la pulpe (**Figure 6B**), l'indice de coloration des fruits témoins augmente de 1,78 à 4,44 du stade vert clair au stade tournant jaune et à 5,44 au stade jaune. Les fruits traités à 100 µL / L d'éthéphon et 2 jours d'incubation ont des indices de couleur non significativement différents de ceux des témoins. De même, chez tous les fruits traités, la couleur orangée de la pulpe est généralement moins intense aux stades tournant jaune et jaune que le témoin. L'on note que pour des concentrations d'éthéphon comprises entre 100 et 500 µL / L, la pulpe est plus intensément colorée, comme chez le témoin, au stade jaune que tournant jaune. Par contre, pour des concentrations d'éthéphon variant de 1000 à 3000 µL / L, l'indice de coloration est plus important au stade tournant jaune que jaune. Ces observations sont valables quel que soit le délai d'incubation.

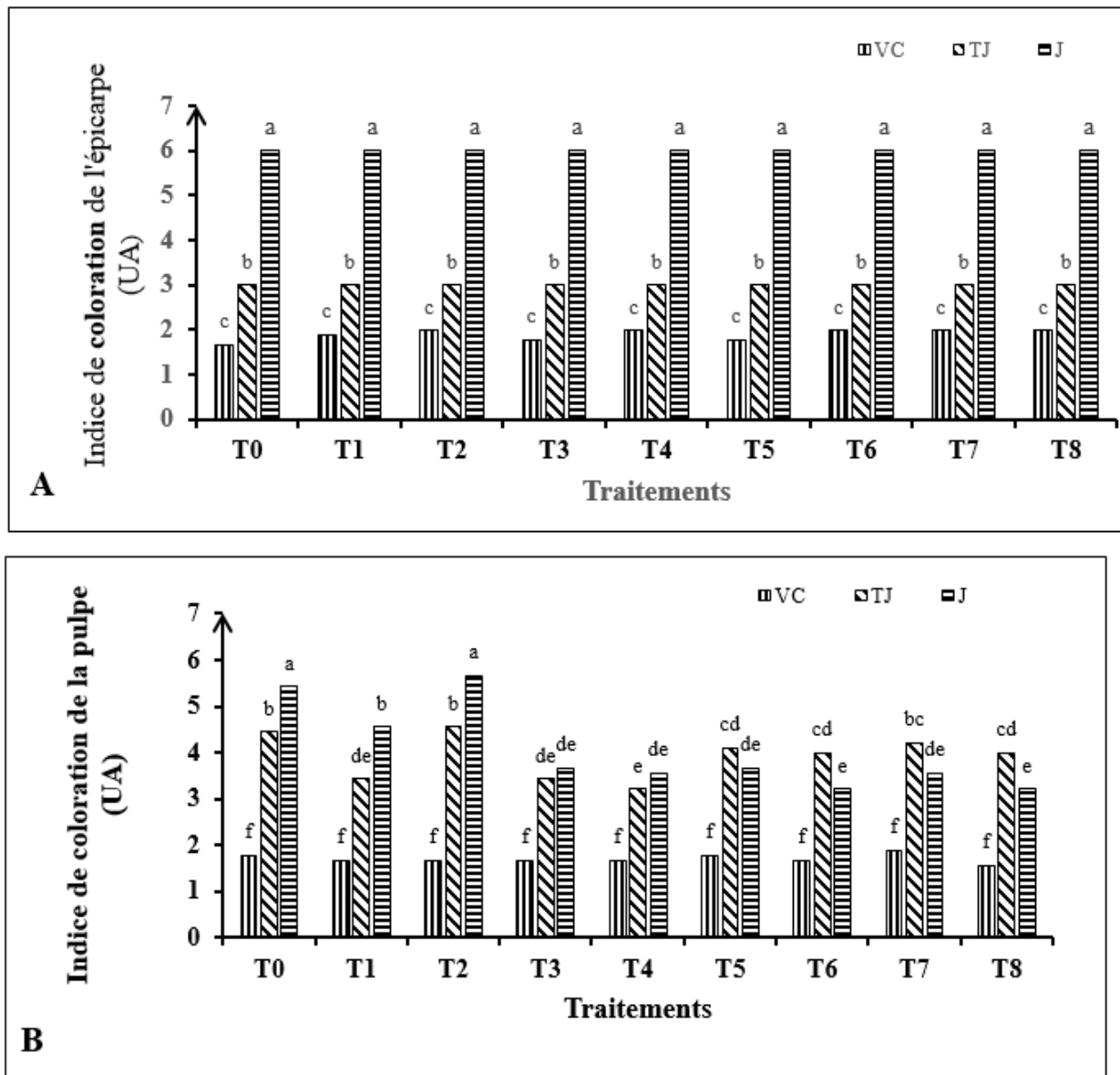


Figure 6 : Indices de coloration de l'épicarpe (A) et de la pulpe (B) à différents stades du mûrissement de la papaye Solo Golden en fonction des traitements

VC : stade vert clair, TJ : stade tournant jaune, J : stade jaune. Dans l'histogramme, les bandes affectées des différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (test de Student-Newman-Keuls).

3-2-3. Fermeté du fruit entier et de la pulpe

La **Figure 7** présente la fermeté du fruit entier ainsi que celle de sa pulpe. Elle indique que pour les fruits entiers témoins (**Figure 7A**), la fermeté ne présente pas de différence significative, du stade vert clair (5,78 Kg) à tournant jaune (5,57 Kg). Elle diminue par contre à 3,01 Kg au stade jaune. En général, les traitements effectués ont diminué la dureté des fruits, lors du mûrissement, comparativement aux témoins. Cependant, en fonction de la concentration d'éthéphon, l'effet est significativement plus important au stade tournant jaune que jaune, pour 2 jours d'incubation. Pour 1 jour d'incubation, les variations observées ne sont pas significatives. Par ailleurs, pour une même concentration d'éthéphon et comprise entre 100 et 500 $\mu\text{L} / \text{L}$, les fruits au stade tournant jaune sont significativement plus fermes pour 2 jours que pour 1 jour

d'incubation. Entre 1000 et 3000 $\mu\text{L} / \text{L}$ d'éthéphon, aucun effet notable sur la fermeté des papayes, à ce stade, n'est constaté relativement au délai d'incubation. Par contre, pour chaque concentration, à l'exception de 100 $\mu\text{L} / \text{L}$, les fruits au stade jaune sont significativement moins fermes pour 1 jour que pour 2 jours d'incubation. Relativement à la pulpe (**Figure 7B**), globalement pour les concentrations de 1000 et 3000 $\mu\text{L} / \text{L}$, quel que soit la durée d'incubation, la fermeté de la pulpe est plus élevée que celle des fruits témoins, au stade jaune. Par contre, aux faibles concentrations de 100 à 500 $\mu\text{L} / \text{L}$, la pulpe des fruits traités est moins ferme (2,90 à 4,63 kg) que celle des fruits non traités (4,96 kg), au stade tournant jaune, indépendamment de la durée d'incubation.

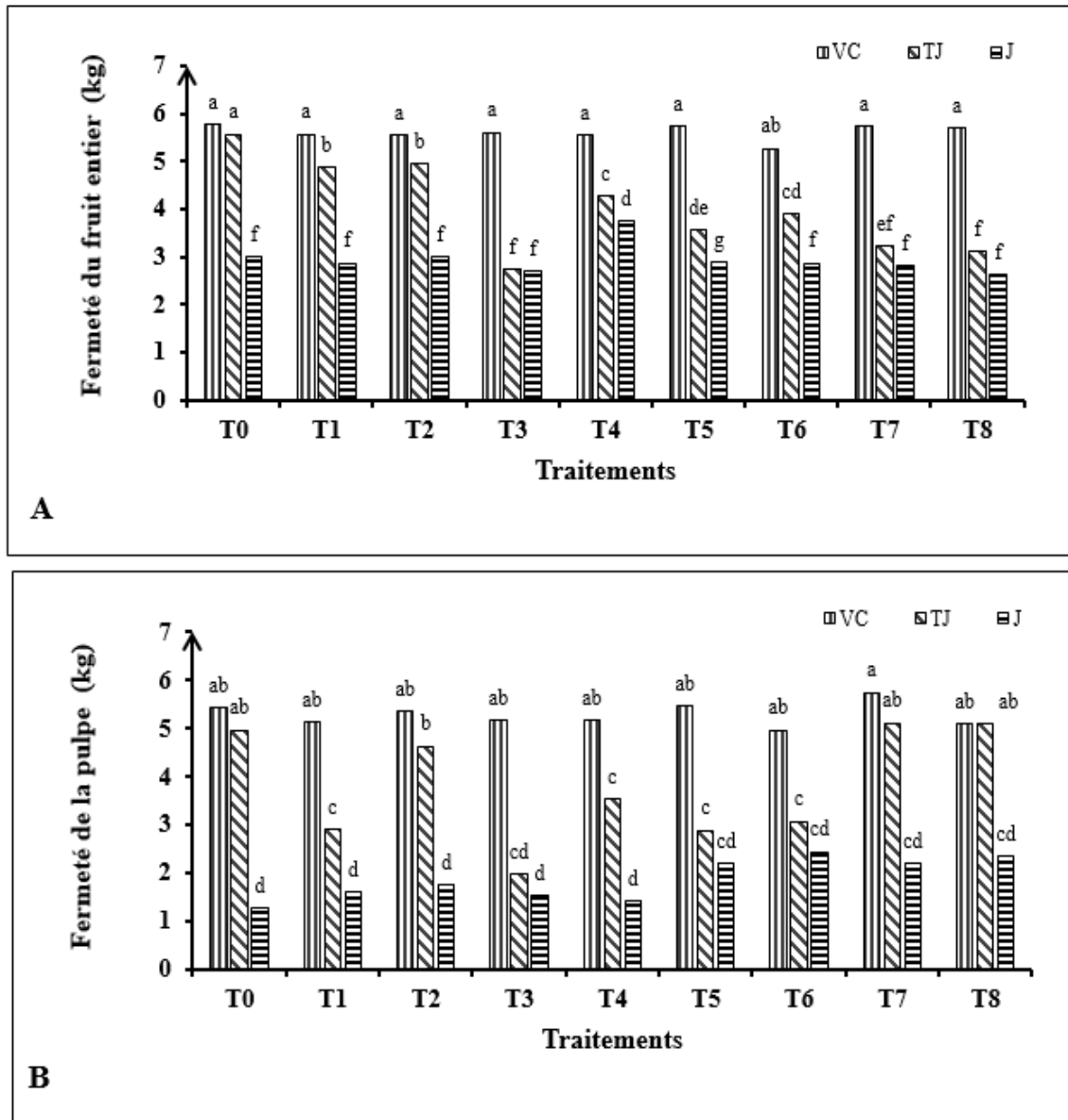


Figure 7 : Fermeté du fruit entier (A) et de la pulpe (B) à différents stades du mûrissement de la papaye Solo Golden en fonction des traitements

VC : stade vert clair, TJ: stade tournant jaune, J : stade jaune. Dans l'histogramme, les bandes affectées des différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (test de Student-Newman-Keuls).

3-3. Effets de l'éthéphon sur les paramètres biochimiques du mûrissement

3-3-1. pH de la pulpe

La **Figure 8** mentionne le pH de la pulpe des fruits au mûrissement après traitement ou non. Elle révèle que, du stade vert clair à jaune, le pH des fruits témoins diminue de 6,21 à 5,11. Les différents traitements avec l'éthéphon réduisent généralement les valeurs au stade jaune relativement au témoin. Cependant, les valeurs extrêmes du pH au mûrissement sont obtenues au stade tournant jaune (4,69 à 1000 $\mu\text{L} / \text{L}$ et 5,44 à 3000 $\mu\text{L} / \text{L}$ d'éthéphon pour 1 jour d'incubation).

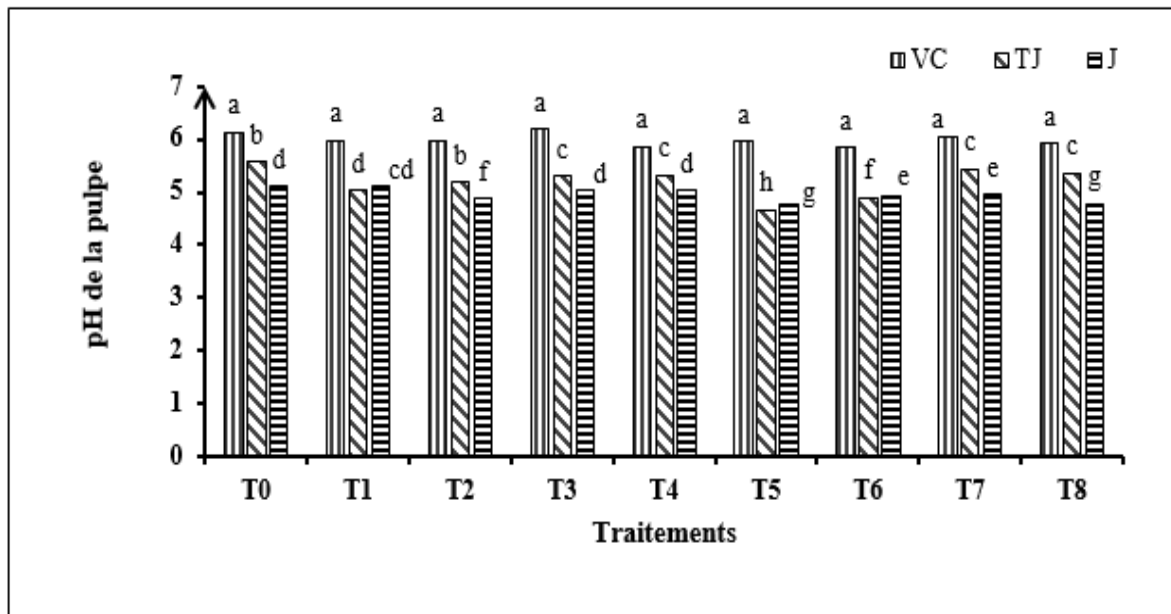


Figure 8 : pH de la pulpe à différents stades du mûrissement de la papaye Solo Golden en fonction des traitements

VC: stade vert clair, TJ: stade tournant jaune, J: stade jaune. Dans l'histogramme, les bandes affectées des différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (test de Student-Newman-Keuls).

3-3-2. Acidité titrable

La **Figure 9** présente l'évolution de l'acidité des papayes Solo Golden au mûrissement, suite au prétraitement d'éthéphon et incubation. L'acidité des fruits témoins augmente de 1,14 à 2,46 meq / 10 g de pulpe du stade vert clair au stade tournant jaune. La valeur, dans ce dernier cas, n'est pas significativement différente de celle obtenue au stade jaune (2,35 meq / 10 g de pulpe). Les traitements effectués ont permis une baisse de l'acidité titrable de la pulpe des fruits par rapport au témoin, aux stades tournant jaune et jaune, et singulièrement pour des concentrations d'éthéphon comprises entre 1000 et 3000 $\mu\text{L} / \text{L}$.

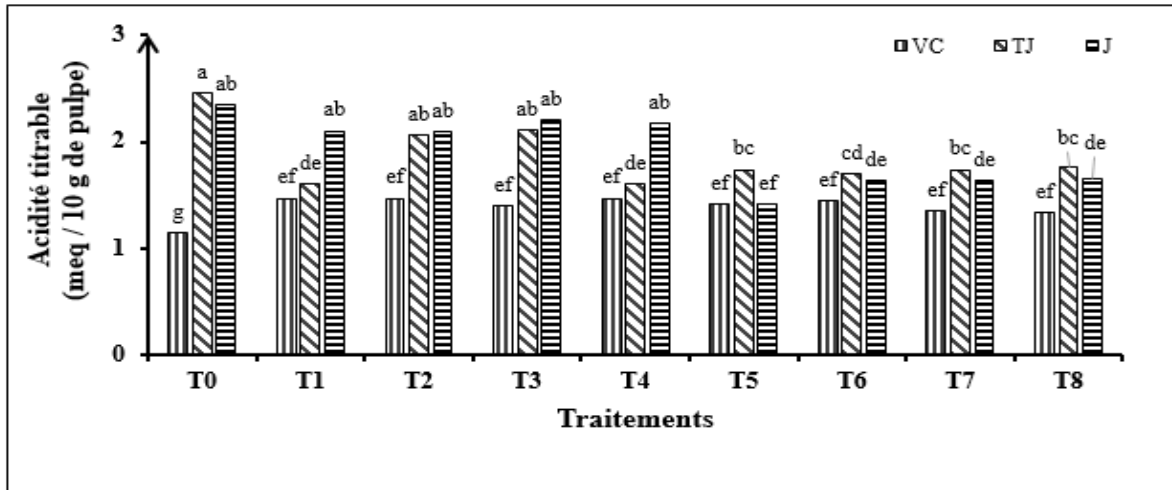


Figure 9 : Acidité titrable de la pulpe à différents stades du mûrissement de la papaye Solo Golden en fonction des traitements

VC : stade vert clair, TJ: stade tournant jaune, J : stade jaune. Dans l’histogramme, les bandes affectées des différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (test de Student-Newman-Keuls).

3-3-3. Extrait sec soluble

Le taux d’extrait sec soluble (ESS) dans la pulpe des fruits témoins augmente de 9,76 à 13,09 ° Brix, du stade vert clair au jaune (Figure 10). Cette variation ne diffère pas significativement de celles observées chez tous les fruits traités, à l’exception toutefois des organes soumis à 100 et 500 µL / L d’éthéphon puis incubés pendant 2 jours. Chez ces derniers, les taux d’extrait sec soluble aux stades tournant jaune et jaune sont inférieurs à ceux relevés chez les papayes vert clair. La durée d’incubation n’a eu aucun effet perceptible sur les valeurs notées.

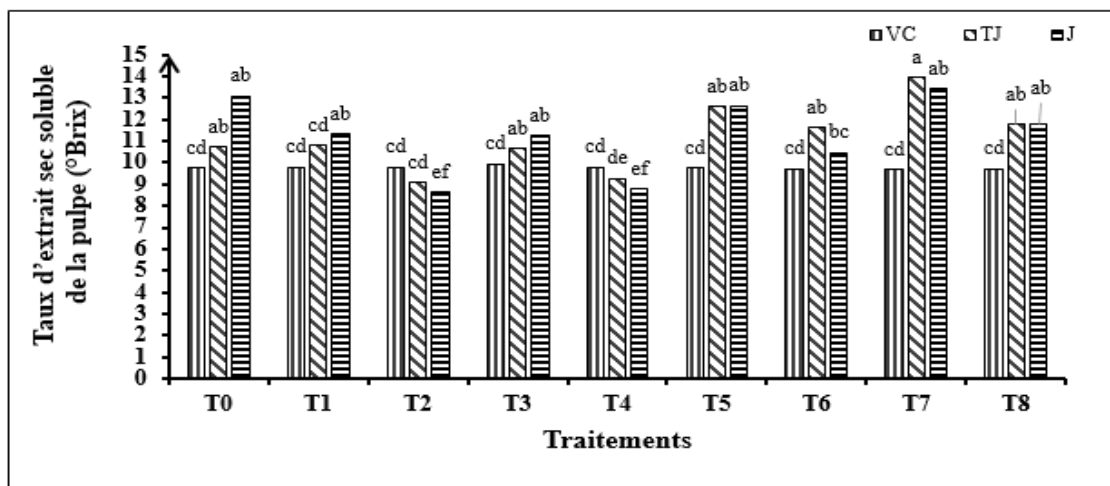


Figure 10 : Taux d’extrait sec soluble de la pulpe à différents stades du mûrissement de la papaye Solo Golden en fonction des traitements

VC : stade vert clair, TJ: stade tournant jaune, J : stade jaune. Dans l’histogramme, les bandes affectées des différentes lettres sont significativement différentes au seuil de 5 % (test de Student-Newman-Keuls).

4. Discussion

4-1. Caractéristiques visuelles du mûrissement de la papaye Solo Golden

Durant le mûrissement à la température ambiante de 28 ± 2 °C, la papaye Solo Golden a subi des étapes successives de déverdissement de l'épicerpe (stades I à IV) concomitantes à une intensification de la coloration de la pulpe (stades I à IV). Le déverdissement des fruits et l'intensification de la coloration rouge intense de la pulpe, également observé chez d'autres fruits climactériques comme la mangue [9], banane dessert [10], la papaye Maradol [8], seraient liés à une dégradation de la chlorophylle associée à une accumulation de caroténoïdes de l'épicerpe et de lycopène dans la pulpe sous l'effet de l'éthylène endogène [12].

4-2. Effets de l'éthéphon sur les paramètres physiques du mûrissement

Les papayes Solo Golden traitées avec l'éthéphon ont, sur la base de la coloration de l'épicerpe, des délais de mûrissement plus faibles que les témoins. Cela suggère que l'éthéphon accélère le mûrissement et confirme l'effet de régulateur de croissance de l'éthéphon. Des travaux antérieurs ont montré que la banane et la mangue traitées avec l'éthéphon et entreposés à la température de 28 ± 2 °C mûrissent de façon similaire [13, 14]. Ce déverdissement des fruits lors du mûrissement, serait la conséquence de la dégradation plus rapide des chlorophylles avec l'augmentation des teneurs en caroténoïdes [15]. Ce phénomène étant naturellement stimulé par l'éthylène endogène synthétisé dans les fruits de manière auto catalytique [16], dans le cas de nos expérimentations, l'éthylène est produit de façon exogène par l'oxydation de l'éthéphon en solution aqueuse [17]. Il se fixe sur des récepteurs cellulaires [18] puis stimule l'activité de l'ACC synthase stimulant la synthèse de l'acide 1-aminocyclopropane-1-carboxylique (ACC). L'ACC produit dont les taux augmentent, est converti en éthylène qui stimule les caractères physico-chimiques du mûrissement tel que le déverdissement de l'épicerpe [16]. Les indices de coloration de l'épicerpe et de la pulpe, relevés chez les fruits témoins et traités par de faibles concentrations d'éthéphon, ne sont pas significativement différents. Par contre, les fortes concentrations d'éthéphon qui activent la dégradation chlorophyllienne de l'épicerpe, ont très peu d'effet sur la coloration de la pulpe. Ainsi, la papaye traitée avec des concentrations importantes d'éthéphon présente un aspect extérieur jaune alors que la pulpe est très faiblement orangée. Il semble ainsi qu'une application de l'éthéphon exogène sur la papaye, n'ait pour cible que les tissus les plus externes du fruit [19]. Dans les conditions naturelles, le mûrissement de la papaye a plutôt une évolution centrifuge [19]. La fermeté des papayes non traitées diminue pendant le mûrissement. Cette réduction de la fermeté serait consécutivement à une dégradation des polysaccharides de la paroi cellulaire par des enzymes tels que les polygalacturonase, β -galactosidase, et la pectin-méthylesterase [20]. En général, l'amollissement du fruit entier ou de la pulpe seule est significativement plus importante au stade tournant jaune que jaune, chez les fruits traités par l'éthéphon. Ces observations concordent avec celles effectuées sur la mangue [21], la papaye Solo [22], la papaye Ekostika I et II [23] et la goyave [15]. L'amollissement pourrait être partiellement dépendant de l'éthylène [16]. La durée relativement longue de l'incubation des fruits pourrait accroître, par auto catalyse, la concentration de l'éthylène pour une forte activation des enzymes de dégradation de la paroi cellulaire (pectinase, cellulases, etc.), rendant l'organe beaucoup moins ferme au stade tournant jaune [24].

4-3. Effets des traitements sur les paramètres chimiques du mûrissement de la papaye Solo Golden

Les valeurs du pH des papayes qui diminuent pendant le mûrissement sont relativement plus faibles chez les traités que chez les témoins. Chez les premières cités, elles ne semblent dépendre ni des concentrations d'éthéphon appliquées ni du délai d'incubation des fruits. La baisse du pH observée dans le cas du Solo Golden est contraire aux résultats obtenus sur d'autres variétés de papayes notamment Coorg Honey Dew, Pink Flesh

Sweet, Sunrise et Washington [25]. La diminution pourrait s'expliquer par une forte synthèse d'acides organiques pendant le mûrissement. En effet, l'analyse de la pulpe a révélé une augmentation de l'acidité titrable, lors du mûrissement des fruits. Les valeurs chez le témoin sont bien plus importantes que celles des organes traités par l'éthéphon et singulièrement avec de fortes concentrations de ce produit. Ces résultats qui confirment ceux du pH, contredisent, cependant, les données obtenues dans les mêmes conditions, sur la papaye cv Maradol [25], sur la banane [26], sur la goyave [27] et sur la mangue [28]. La baisse de l'acidité titrable observée dans ces derniers cas cités pourrait s'expliquer par l'utilisation des acides organiques comme substrats de respiration ou de synthèse des constituants aromatiques [4]. Dès lors, l'éthéphon pourrait paraître comme un composé qui diminue chez le Solo Golden l'activité respiratoire, en limitant la participation des acides organiques. Le taux d'extrait sec soluble des papayes témoins augmente, pendant le mûrissement, dans les mêmes proportions que la plupart des fruits traités à l'éthéphon. Cette évolution est semblable à celle observée sur la mangue [29], la tomate [30] et la banane [31]. L'éthéphon n'a donc aucune influence stimulatrice sur la production de sucres solubles dans la pulpe de la papaye Solo Golden. Cette remarque est, sans doute, à mettre en rapport avec la faible teneur initiale d'amidon dans le fruit, ou encore, avec l'insuffisance des activités hydrolytiques de ce composé pendant le mûrissement [22].

5. Conclusion

Le mûrissement de la papaye Solo Golden se fait en différentes étapes de décoloration de l'épiderme associé à une intensification de la coloration de la pulpe. L'éthéphon accélère le mûrissement de la papaye Solo Golden en activant la dégradation des chlorophylles de l'épiderme. Le jaunissement subséquent des fruits est accompagné par une faible coloration orangée de la pulpe. La diminution de la fermeté concerne les fruits au stade tournant jaune, alors que la baisse du pH et l'augmentation de l'acidité titrable lors du mûrissement, sont activées par les traitements préalables. L'évolution des sucres solubles est sensiblement la même, que les fruits soient traités ou pas. L'éthéphon à 100 µL / L est recommandé pour un traitement post-récolte de la papaye Solo Golden.

Remerciements

Nos sincères remerciements vont à l'endroit du Professeur Dick Emmanuel pour la fourniture de l'éthéphon et la proposition du protocole expérimental.

Références

- [1] - R. M. MANSCHARDT, "Papaya", *In*: Hammerschlag F A, Litz R E (Eds) *Biotechnology in Agriculture*, N° 8, *Biotechnology of perennial fruit crops*, C A B I, Wallingford, (1992) 489 - 511
- [2] - A. T. D. S. JAIME, R ZINIA, T. N. DUONG, S. DHARINI, G. ABED, T. S. J. MANOEL and F. T PAULA, "Papaya (*Carica papaya* L.) Biology and biotechnology", *Tree and Forestry Science and Biotechnology*, 1 (1) (2007) 47 - 73
- [3] - A. F. S. COSTA y B. E. V. PACOVA, "Caracterização de cultivares, estratégias e perspectivas de melhoramento genético do mamoeiro", *In*: Martins DS, costa AFS (Eds), *a cultura do mamoeiro: tecnologias de produção, incaper, vitória*, (2003) 59 - 102

- [4] - A. A. ABU-BAKR, E. S ADIL and F. M. M. EL, "Physico-chemical changes during growth and development of papaya fruit. II : Chemical changes", *Agri. Biol. J. N. Am.*, 1 (5) (2010) 871 - 877
- [5] - FRUITROP, "Crops and livestock products", (2008) 6 p.
- [6] - A. A. N'DA, A. N'GUESSAN, A. DJAHA, N. HALA, K. II N. KOUASSI, F. COULIBALY, K. EDO et E. ZONGO, "Bien cultiver la papaye en Côte d'Ivoire", *Fiche technique CNRA*, (2008) 4 p.
- [7] - A. M. IBTISSAM. and A. A. ABU-BAKR, "Effect of ethrel in aqueous solution and ethylene released from ethrel on guava fruit ripening", *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1 (3) (2010) 232 - 237
- [8] - S. B. FELIPE, S. D. ENRIQUE, E. G. FRANSCO, D. P. RAUL, L. S. ALFONSO and M. S. JORGE, "Postharvest ripening and maturity indices for Maradol papaya", *Nuerciencia*, 34 (8) (2009) 583 - 588
- [9] - E. DICK, N. A. ADOPO and B. CAMARA, "Influence of maturity stage of mango at harvest on its ripening quality", *Fruit*, 64(1) (2009) 13 - 18
- [10] - K. R. NGANZOUA, B. CAMARA et E. DICK, "Evaluation des changements physico-chimiques caractérisant le mûrissement au cours de l'entreposage de trois variétés de bananes *Musa spp.* (AAB, cv. Corne 1 ; AAA, cv. Poyo et AA, cv. Figue Sucrée)", *Sciences et Nature*, 7 (2) (2010) 155 - 163
- [11] - B. K. DADZIE et J. E. ORCHARD, "Evaluation post-récolte des hybrides de plantain et bananiers plantain : critères et méthodes", *Guides techniques Inibap*, (1997) 63 p.
- [12] - G. P. M. BARRETO, J. P. FABI, V. V. DE ROSSO, B. R. CORDENUNSI, F. M. LAJOLO, J. R. O. DO NASCIMENTO y A. Z. MERCADANTE, "Influence of ethylene on carotenoid biosynthesis during papaya post harvesting ripening", *J. Food Compos. Anal.* 24 (2011) 620 - 624
- [13] - V. N. M. RAO, K. G. SHANMUGAVELU, C. SRINIVASAN and D. R. P. LAH, "Studies on the effect of ethrel (2-chloroethyl phosphonic acid) on the ripening of fruits", *South Indian Hort*, 19 (1971) 1 - 8
- [14] - K. ASHWANI, S. S. DHAWAN and A. KUMAR, "Effect of post-harvest treatment on the enhancement of ripening of "Dashehari" mango", *Haryana J. Hort. Sci.*, 24 (2) (1995) 109 - 115
- [15] - A. M. IBTISSAM and A. A. ABU-BAKR, "Effect of ethrel in aqueous solution and ethylene released from ethrel on guava fruit ripening", *Agric. Biol. J. N. Am.*, 1(3) (2010) 232 - 237
- [16] - M. A. MOYA-LEÓN, M. MARIO and H. RAUL, "Ripening of mountain papaya (*Vasconcella pubescens*) and ethylene dependence of some ripening events", *Postharvest Biology and Technology*, 34 (2004) 211 - 218
- [17] - S. F. YANG, "Ethylene evolution from 2-chloroethyl phosphonic acid", *Plant Physiology*, 44 (1969) 1203 - 1204
- [18] - E. C. SISLER, E. DUPILLE and M. SEREK, "Effect of 1-methyl-cyclopropane on ethylene binding and carnations", *Plant growth Regul*, 18 (1996) 79 - 86
- [19] - R. E. PAULL, N. WAYNE, R. MARCELINO and C. CATHERINE, "Postharvest handling and losses during marketing of papaya (*Carica papaya* L.)", *Postharvest Biology and Technology*, 11 (1997) 165 - 179
- [20] - J. A. SANUDO-BARAJAS, J. LUBAVITCH, C. GREVE, T. OSUNA-ENCISO, D. MUY-RANGEL and J. SILLER-CEPEDA, "Cell wall disassembly during papaya softening: role of ethylene in changes in composition, pectin derived oligomers (PDOs) production and wall hydrolases", *Postharvest Biol Technol.* 51 (2009) 158 - 167
- [21] - A. A. ABU-GOUKH, H. E. MOHAMED and H. B. GARRAY, "Physico-chemical changes during growth and development in mango fruit", *Journal of Agricultural Sciences*, 13 (2) (2005) 179 - 191
- [22] - U. B. ILANA and P. J. ANGELO, "Ripening and quality of 'Golden' papaya fruit harvest at different maturity stages", *Braz. J. Plant Physiology*, 18 (3) (2006) 389 - 396
- [23] - T. S. ADIL-EL and A. A. ABU-BAKR, "Physico-chemical changes during growth and development of papaya fruit. I: Physical changes", *Agri. Biol. J. N. Am.*, 1 (5) (2010) 866 - 870
- [24] - K. ALMORA, A. P. JORGE., H. MERCEDES, D. CIRA, G. JUAN and R. ELDA, "Evaluation of volatiles from ripening papaya (*Carica papaya* L., var Maradol roja)", *Food chemistry*, 86 (2004) 127 - 130
- [25] - Y. SELVARAJ, D. K. PAL, M. D. SUBRAMANYAM and C. P. A. LYER, "Changes in the chemical composition of four cultivar of papaya (*Carica papaya*) during growth and development", *Journal of Horticultural Science*, 57 (1982) 135 - 145

- [26] - V. S. MUNASQUE and D. J. MENDOZA, “ Developmental physiology and ripening behavior of Senorita banana fruit ”, *ASEAE Food Journal*, 5 (4) (2003) 152 - 157
- [27] - H. A. BACHIR and A. A. ABU-GOUKH, “Compositional changes during guava fruit ripening”, *Journal of Food Chemistry*, 80 (4) (2003) 557 - 563
- [28] - K. LAVANYA, D. B. RAO, L. EDUKONDALU, R. LAKSHMIPATHY and V. S. RAO, “Effect of ethephon and storage temperature on physico-chemical changes during ripening of Mango (*Mangifera indica* L.) Cv Neelum”, *Current Journal of Applied Science and Technology*, 38(6) (2019) 1 - 11
- [29] - A. A. ABU-GOUKH, H. E. MOHAMED and H. B. GARRAY, “ Physico-chemical changes during growth and development in mango fruit”, *Journal of Agricultural Sciences*, 13 (2) (2005) 179 - 191
- [30] - I. H. AHMED and A. A. ABU-GOUKH, “Effect of maleic hydrazide and waxing on ripening and quality of tomato fruit”, *Gezira Journal of Agricultural Science*, 1 (2) (2003) 59 - 72
- [31] - H. E. OSMAN and A. A. ABU-GOUKH, “Effect of polyethylene film lining and gibberellic acid on quality and self-life of banana fruits”, *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (2) (2008) 241 - 260
- [32] - D. EVE-CATHERINE, Etude sur l'entomofaune et l'irrigation par aspersion en bleuetières semi-cultivées. Thèse en Biologie, Université du Québec, Montreal, (2012) 145 p.
- [33] - J. LOUVEAUX, L'abeille domestique dans ses relations avec les plantes cultivées. In : Pollinisation et productions végétales, éd. Pesson P. & Louveaux J. INRA, Paris, (1984) 527 - 555
- [34] - S. E. MCGREGOR, Insect pollination of cultivated crop plants. *Agricultural Research Service, Washington*, (1976) 411 p.
- [35] - T. S. WOODCOCK, Pollination in the Agricultural Landscap. Canadian pollinisation initiative, (2012) 113 p.
- [36] - J. M. PHILIPPE, La pollinisation par les abeilles : pose des colonies dans la culture en floraison en vue d'accroître les rendements des productions végétales. EDISUD, la Calade, Aix-en-Provence, (1991) 179 p.
- [37] - K. S. DELAPLANE, A. DAG, R. G. DANKA, B. M. FREITAS, L. A. GARIBALDI, R. M. GOODWIN and J. I. HORMAZA, Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52 (4) (2013) 1 - 28
- [38] - B. NZIGIDAHERA and A. FOFO, Les pollinisateurs sauvages dans les écosystèmes forestiers et agricoles au Burundi. INECN. (2010) 52 p.
- [39] - P. SEGEREN, V. MULDER, J. BEETSMA, R. SOMMEIJER, *Apiculture sous les tropiques*. Agrodok 32, 5ème ed., Agromisa, Wageningen, (1996) 88 p.