



Influence de la fertilisation minérale sur la qualité physico-chimique et organoleptique du jus d'ananas transformé de Cayenne lisse au Bénin

Codjo Emile AGBANGBA^{1,8*}, Gustave Dieudonné DAGBENONBAKIN²,
Coovi Paul DJOGBENOU², Paul HOUSSOU³, Emilienne Devi ASSEA⁴,
Elvire Line SOSSA⁵, Ulrich Assirius KOTOMALÈ⁶, Prosper AHOTONOU⁷,
Cissé NDIAGA⁸ et Léonard Elie AKPO¹

¹Université Cheikh Anta Diop, Département de Biologie Végétale,
Laboratoire d'Ecologie et d'Ecohydrologie, Dakar, Sénégal.

²Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Cotonou, Bénin.

³Institut National des Recherches Agricoles du Bénin,

Programme de Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA), Cotonou, Bénin.

⁴Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest, Unité Universitaire de Cotonou,
Département d'Agronomie, Cotonou, Bénin.

⁵Université d'Abomey-Calavi, Département de Production Végétale,
Laboratoire des Sciences du Sol, Cotonou, Bénin.

⁶Université d'Abomey-Calavi, Département de Nutrition et Sciences Alimentaires,
Laboratoire de Microbiologie et Biotechnologie Alimentaire (LMBA), Cotonou, Bénin.

⁷Association Régionale des Producteurs d'Ananas de l'Atlantique, Original Jus d'Ananas,
Commune d'Allada, BP 25, Allada, Bénin.

⁸Regional Centre for Studies on the Improvement of Plant Adaptation to Drought Thies, Senegal.

*Corresponding author; E-mail : agbaemile@yahoo.fr

RESUME

L'objectif de l'étude est d'analyser l'influence de la fertilisation N, P et K sur les caractéristiques physico-chimique et organoleptique du jus Cayenne lisse produit au Bénin. Un essai en plan factoriel NPK complet a été installé à Soyo, un village de la commune d'Allada du Département de l'Atlantique en République du Bénin. Les traitements NPK appliqués en unités fertilisantes exprimées en g/plant et randomisés dans quatre blocs ont été les suivants : T1: 6,7-1,6-9,3 ; T2 : 2,7-2,7-2,7 ; T3: 10,7- 0,5-2,7 ; T5: 10,7- 2,7-16 ; T6: 2,7- 2,7-16 ; T7: 2,7- 2,7-16 ; T8: 10,7-2,7-2,7 ; T9:2,7-0,5-2,7 ; T10: 10,7- 0,5-16. Le degré Brix du jus a été déterminé au réfractomètre et le pH au pH-mètre. Une évaluation des caractéristiques sensorielles telles que le goût sucré, le goût acide et l'arôme du jus d'ananas fabriqué a été effectuée par un panel de dégustateurs sélectionnés et entraînés. Une analyse en composantes principales, suivie d'une classification numérique a été réalisée sur les caractéristiques sensorielles et physico-chimiques des fruits. Les traitements T1, T3, T5 et T6 ont permis d'obtenir des jus de qualité organoleptique appréciable.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Intensification, Rendement, Jus, Evaluation sensorielle, Fumure, Allada.

INTRODUCTION

L'ananas est le deuxième fruit tropical dans le commerce mondial et contribue à plus de 20% de la production mondiale de fruits tropicaux avec 17 millions de tonnes (FAO, 2012). En Afrique de l'Ouest, le Bénin est le deuxième plus grand producteur d'ananas avec 160.000 tonnes en 2011, après le Nigeria (FAO, 2013). La culture de l'ananas est destinée à être consommée en fruit frais localement et dans les pays tempérés où il est importé. La plus grande partie de la production est cependant mise en conserve dans les pays producteurs, sous forme de tranches ou de dés ; ou est usinée pour produire du jus, de la compote et du concentré (Schoier et Texido, 2001). L'ananas du Bénin est produit principalement pour la consommation en frais et la transformation en jus. La chair de l'ananas contient (60% du fruit frais) 85% d'eau, 0,4% de protéine, 14% de sucre, 0,1% de matière grasse et 0,5% de fibre (Purseglove, 1972). Le fruit d'ananas est une bonne source de vitamines A, B1, B6 et C, de cuivre, de manganèse et un régime à fibre (Morton, 1987 ; Mateljan, 2007). De par sa forte valeur en nutriments, la consommation de l'ananas contribue à l'équilibre alimentaire et nutritionnel des populations. En dépit de l'importance de cette culture au Bénin, il n'existe pas encore de travaux de recherche dans les conditions pédoclimatiques locales sur la réponse de la plante à la fertilisation en N, P, K et leur influence sur le rendement et la qualité du fruit. De plus, la nutrition et la fertilisation de l'ananas ont bénéficié de très peu d'attention de la part de la recherche agricole au Bénin. Les documents scientifiques sur la fertilisation de l'ananas se résument en des fiches techniques et des enquêtes sur les pratiques en milieu paysan (Agbangba *et al.*, 2008 ; Dagbenonbakin *et al.*, 2010). La variété Cayenne lisse est cultivée pour le marché international tandis que les marchés national et régional sont visés pour le Pain de sucre

(Achigan-dako *et al.*, 2014). Une analyse de la chaîne d'approvisionnement de l'ananas a révélé que le problème principal que rencontrent les producteurs et les exportateurs est l'hétérogénéité de l'ananas produit ou vendu (Fassinou *et al.*, 2012). Un déséquilibre nutritionnel des sols avait déjà été identifié dans les zones de production d'ananas au Bénin (Agbangba *et al.*, 2010, 2011 ; Dagbenonbakin *et al.*, 2010). Ces auteurs ont souligné que ce déséquilibre nutritionnel pourrait déterminer non seulement le rendement mais aussi la qualité de l'ananas produit. Owusu-Bennoah (1997) trouve qu'une adéquate relation N-K est très importante pour la production de l'ananas. Cette relation n'est pas fixe car selon les mêmes auteurs, elle dépend du milieu physique (type de sol et climat), de la variété de l'ananas et de la densité de plantation. L'étude évalue l'influence de la fertilisation N, P et K sur les caractéristiques organoleptique et physico-chimique du jus d'ananas Cayenne lisse cultivé au Bénin.

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

La commune d'Allada située dans le département de l'Atlantique au Sud du Bénin a été retenue pour cette étude en raison du plus grand nombre de producteurs qui y cultivent l'ananas (Ouinkoun et Lalèyè, 2004). Elle est située au Nord du département entre 6°34' et 6°47' latitude Nord, 1°59' et 2°15' longitude Est à 54 km de Cotonou, capitale économique du Bénin. Les essais ont été installés sur sols ferrallitiques appelés « terre de barre » et couvrant la grande partie de la zone d'étude. La texture des sols est limono-sableuse à sablo-limoneuse avec des taux de sable et limon, variables respectivement entre 78,9 et 84,8% pour le sable et 4,2 et 6,8 pour le limon. La teneur en azote varie de 0,07 à 0,08% avec un pH acide (6,1) à faiblement acide (6,5) et moyenne à bonne. Le rapport

carbone/azote varie de 10 à 10,3. Le taux de matière organique (1,31-1,43%) est faible. La teneur en potassium variant de 0,03 à 0,14 C mol kg⁻¹ est faible. La teneur en phosphore assimilable selon Bray 1, avoisine le seuil critique de 4 mg kg⁻¹ à Sékou et à Ahouannonzoun est bonne dans les autres localités (10 mg kg⁻¹). Les sols sont pauvres en Ca et Mg échangeables (1,8 à 3 C mol kg⁻¹). La somme des bases et la capacité d'échange cationique (CEC) sont faibles (3,06 à 5,29 C mol kg⁻¹). La commune d'Allada jouit d'un climat subéquatorial avec quatre (04) saisons dont deux saisons de pluies (une grande de mars à juin et une petite saison de septembre à novembre) et deux saisons sèches (de juillet à septembre puis de novembre à mars). Les hauteurs moyennes annuelles des pluies varient entre 1100 et 1400 mm avec une baisse sensible des pluies durant le mois d'août où on enregistre un peu plus de 50 mm de hauteur de pluie. Cette pluviométrie convient à la culture d'Allada en comparaison aux optima de production de l'ananas de Scohier et Texido (2001) de 1200 à 1500 mm de pluie par an.

Dispositif expérimental

L'essai a été installé dans le village de Soyo, situé dans l'arrondissement d'Allada dans le Sud-Bénin. Le dispositif est un plan factoriel complet 2³, généré avec le logiciel R (version 2.15.1, 2012). Les niveaux minimum et maximum pour chaque facteur sont de : N (2,7 g/plant, 10,7 g/plant), P (0,5 g/plant, 2,7 g/plant) et K (2,7 g/plant, 16 g/plant). Le nombre de points centraux considérés est de 2 par bloc et le nombre de répétitions de points sommets est également de 2. Ceci a permis de générer neuf (09) traitements en unités fertilisantes exprimées en g/plant qui sont les suivants : T1: 6,7-1,6-9,3 ; T2 : 2,7-2,7-2,7 ; T3 : 10,7-0,5-2,7 ; T5: 10,7-2,7-16 ; T6 : 2,7-2,7-16 ; T7: 2,7-2,7-16 ; T8 : 10,7-2,7-2,7 ; T9 : 2,7-0,5-2,7 ; T10 : 10,7-0,5-16. L'azote a été apporté sous la forme d'urée (46% N), le

phosphore sous la forme de superphosphate triple (46% de P₂O₅) et le potassium sous la forme de sulfate de potassium (50% de K₂O). Quatre blocs de six unités expérimentales chacun ont été ainsi constitués pour l'essai, soit au total 24 unités expérimentales. Chaque unité expérimentale est constituée de 6 lignes de 5 plants. La distance interligne était de 0,8 m et entre poquet sur une même ligne de 0,4 m, ce qui donne une densité de 60000 plant/ha. Les rejets de poids compris entre 400 et 500 g/plant ont été plantés. Les rejets de taille homogène ont été utilisés dans chaque répétition.

Le premier apport de P₂O₅ a eu lieu une semaine après la plantation, le second apport au 45^{ème} jour après plantation (JAP) (1/5N + 1/6K₂O), le troisième à 90 JAP (1/5 N + 1/6 K₂O), le 4^{ème} à 135 JAP (1/5 N + 1/6 K₂O), le 5^{ème} à 180 JAP (1/5 N + 1/6 K₂O) et le 6^{ème} à 225 JAP (1/6 K₂O). L'induction florale a eu lieu au 10^{ème} mois et a consisté à diluer un kilogramme de carbure de calcium dans un fût de 200 litres. Chaque plant a reçu entre 6h-8h de la journée 50 cm³ de carbure d'acétylène.

Mesure des caractéristiques physico-chimiques et préparation du jus d'ananas

Six fruits par unité expérimentale ont été récoltés au stade de maturité C4. Chaque fruit a été pelé et broyé. Le broyat a été pressé, le jus frais filtré et le rendement en jus déterminé à l'aide d'une balance de marque DH2-000050, ±0,0001. Le degré Brix (sucres totaux) du jus a été déterminé au réfractomètre HI96801 et le pH à l'aide du pH-mètre HI96107, ±0,1 pH. Le jus a été préparé suivant les procédés en vigueur dans l'unité de transformation du jus d'ananas "Original Jus d'Ananas" de l'Association Régionale des Producteurs d'Ananas de l'Atlantique (ARPA-ATL) (Figure 1).

Analyses sensorielles

L'évaluation des caractéristiques organoleptiques du jus d'ananas a été faite en

s'inspirant du manuel "Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments" de Watts et al. (1991).

Sélection du panel de dégustateurs experts

Au départ, un groupe de 30 étudiants en agronomie de l'Université Catholique de l'Afrique de l'Ouest a été choisi puis filtré sur la base de leur acuité sensorielle vis-à-vis de saveurs élémentaires. Dans un premier temps, il leur a été demandé d'identifier les saveurs acide, sucré et amer respectivement dans des échantillons de solutions de citron, de sucre et de café. Cet examen a consisté à leur demander d'identifier des saveurs élémentaires et des odeurs des saveurs de base avec des concentrations définies que sont la solution sucrée préparée avec le sucre 1,0% p/v soit (2,5 g/250 ml) ; salée avec le chlorure de sodium 0,2% p/v soit (0,5 g/250 ml) ; acide avec l'acide citrique 0,04% p/v soit (0,1 g/250 ml) ; amer avec de la caféine à 0,05% p/v soit (0,125 g/250 ml). La sensibilité des dégustateurs a été testée dans un second temps en les soumettant à un test triangulaire qui a consisté à identifier l'échantillon de jus d'ananas différent des trois échantillons qui ont été présentés (deux étant connus identiques et un différent). A l'issue de cette étape, vingt (20) personnes ont été retenues comme ayant le goût plus marqué et étant plus sensibles aux variations d'intensité de saveurs.

Après cette première sélection, les vingt (20) dégustateurs ont été soumis à un test de notation d'intensité pour déterminer leur sensibilité aux différentes caractéristiques du jus d'ananas. Trois échantillons de jus d'ananas, dont les caractéristiques physico-chimiques ont été connues et différentes, ont été utilisés à cet effet.

Un groupe de 13 personnes ayant fait preuve d'une performance supérieure au cours de ces essais ont été retenues pour la formation aux essais de notation d'intensité sur des échantillons d'ananas issus des essais

de nutrition minérale. Durant cette étape, les procédures qui convenaient au mieux à la préparation et à la présentation des échantillons ont été mises au point, ainsi que la façon de remplir les bulletins.

Réalisation du test de dégustation

Les échantillons de jus d'ananas élaboré selon le diagramme de la Figure 1, sont prélevés à raison de 15 ml environ dans des gobelets jetables codés avec des numéros aléatoires à 3 chiffres. Les caractéristiques sensorielles ont été évaluées par un panel de dégustateurs sélectionnés et suffisamment entraînés.

Au total, dix échantillons de jus provenant des neuf traitements de l'essai en comparaison avec un échantillon issu de la production sur le marché (T0) ont été testés. Tous les échantillons ont été présentés simultanément à chaque dégustateur dans un ordre aléatoire. Chaque dégustateur pouvait goûter à volonté plusieurs fois les échantillons tout en se rinçant la bouche à l'eau déminéralisée avant de passer à un autre échantillon. Les caractéristiques sensorielles évaluées sont le goût sucré, le goût acide et l'arôme des jus d'ananas par un test de notation d'intensité en utilisant une échelle de catégories à neuf (09) niveaux allant de "Pas (acide, sucré)" à "Extrêmement (acide, sucré)".

Analyses statistiques

Une analyse de variance suivie de test de la plus petite différence significative (ppds) de Fisher pour comparer les moyennes a été effectuée. Ensuite, une analyse en composantes principales suivie d'une classification numérique sur les coordonnées des composantes de l'ACP a été réalisée sur les caractéristiques sensorielles et physico-chimiques des jus. Les aides à l'interprétation des classes sont fondées sur des comparaisons des moyennes dans la classe et hors de la

classe. Pour sélectionner les paramètres sensoriels et physico-chimiques les plus caractéristiques de chaque classe, on mesure l'écart entre les valeurs relatives à la classe et les valeurs globales. Ces statistiques peuvent être converties en un critère appelé *valeur-test* permettant d'opérer un tri sur les variables, et de désigner ainsi les variables les plus caractéristiques (Husson et al., 2010 ; Morineau, 1984). Les variables les plus caractéristiques d'une classe sont celles dont les valeurs-tests associées sont supérieures en valeur absolue à 2. De plus, si cette valeur-test est positive pour une variable, celle-ci a une valeur élevée dans la classe considérée. Par contre si la valeur est négative, la variable a une valeur faible pour la classe considérée. En calculant la moyenne de ces variables, on constitue ainsi le profil-type de la classe. Toutes les analyses ont été faites avec le logiciel R (version 2.15.1, 2012).

RESULTATS

Influence de la fertilisation N, P et K sur la teneur en sucres totaux, sur l'acidité totale et sur le rendement en jus

L'azote a un effet significatif sur la teneur en sucres totaux, l'acidité totale et le rendement en jus (Tableau 1). La teneur en sucres totaux, l'acidité totale et le rendement en jus les plus élevés ont été observés avec la dose 6,7 g/plant de N. La dose 10,7 g/plant de N a eu un effet dépressif sur les sucres totaux, le pH et le rendement en jus. En ce qui concerne le phosphore, la dose 1,6 g/plant de P_2O_5 a permis d'obtenir les plus grandes valeurs pour tous les paramètres étudiés. Toute dose supérieure à 2,7g/plant de P_2O_5 provoque de faibles valeurs des sucres totaux, de l'acidité totale et du rendement en jus. Les mêmes tendances ont été observées avec le potassium où la dose de 9,3 g/plant a montré les meilleurs résultats (Tableau1).

L'effet combiné des éléments minéraux, les traitements T9 (2,7 - 0,5 - 2,7)

et T1 (6,7-1,6-9,3) ont permis d'obtenir les teneurs les plus fortes en sucres totaux tandis que les plus faibles concentrations ont été observées avec le traitement T2 (2,7-2,7-2,7). Les traitements T1 et T6 (2,7- 2,7-16) ont montré les pH les plus élevés alors que le traitement T2 a présenté le plus faible pH. Le rendement en jus le plus élevé a été obtenu avec les traitements T1 et T10 (10,7- 0,5-16) et les plus faibles avec T2 (Tableau 1).

Influence de la fertilisation N, P et K sur la qualité physico-chimique et organoleptique du jus d'ananas

Le graphique des valeurs propres suggérait que les deux premiers axes expliquaient au total 90,81% de l'inertie. Le premier plan factoriel (axe 1) renfermait 60,06% d'inertie et le deuxième (axe 2) 30,75% d'inertie (Figure 2). La variable goût acide est fortement et négativement corrélée à la première dimension ($r=-0,79$, $p=0,006$) tandis que les variables arôme ($r=0,81$, $p=0,003$), goût sucré ($r=0,91$, $p=0,000$), pH ($r=0,81$, $p=0,004$) et Brix ($r=0,42$; $p=0,05$) lui sont positivement corrélées. La dimension 2 est caractérisée par la variable rendement en jus ($r=0,79$, $p=0,005$) qui lui est corrélée positivement (Figure 2).

Les traitements minéraux ont été regroupés en trois classes (Figure 3). La classe 1 est caractérisée par les traitements T1, T3, T5 et T6 ayant donné des jus d'ananas à arôme ($V.test \geq 2$, $p \leq 0,05$) et un goût sucré ($V.test \geq 2$, $p \leq 0,05$) élevés. Un pH faible ($V.test \leq -2$, $p \leq 0,05$) et un rendement en jus faible ($V.test \leq -2$, $p \leq 0,05$) caractérisent la classe 2 (T0). Enfin, la classe 3 (T2, T7, T8, T9 et T10) est caractérisée par un jus à goût acide ($V.test \geq 2$, $p \leq 0,05$) (Tableau 2). Du point de vue organoleptique, il ressort que les traitements T1, T3, T5 et T6 sont prometteurs et permettent également d'avoir un rendement en jus appréciable.

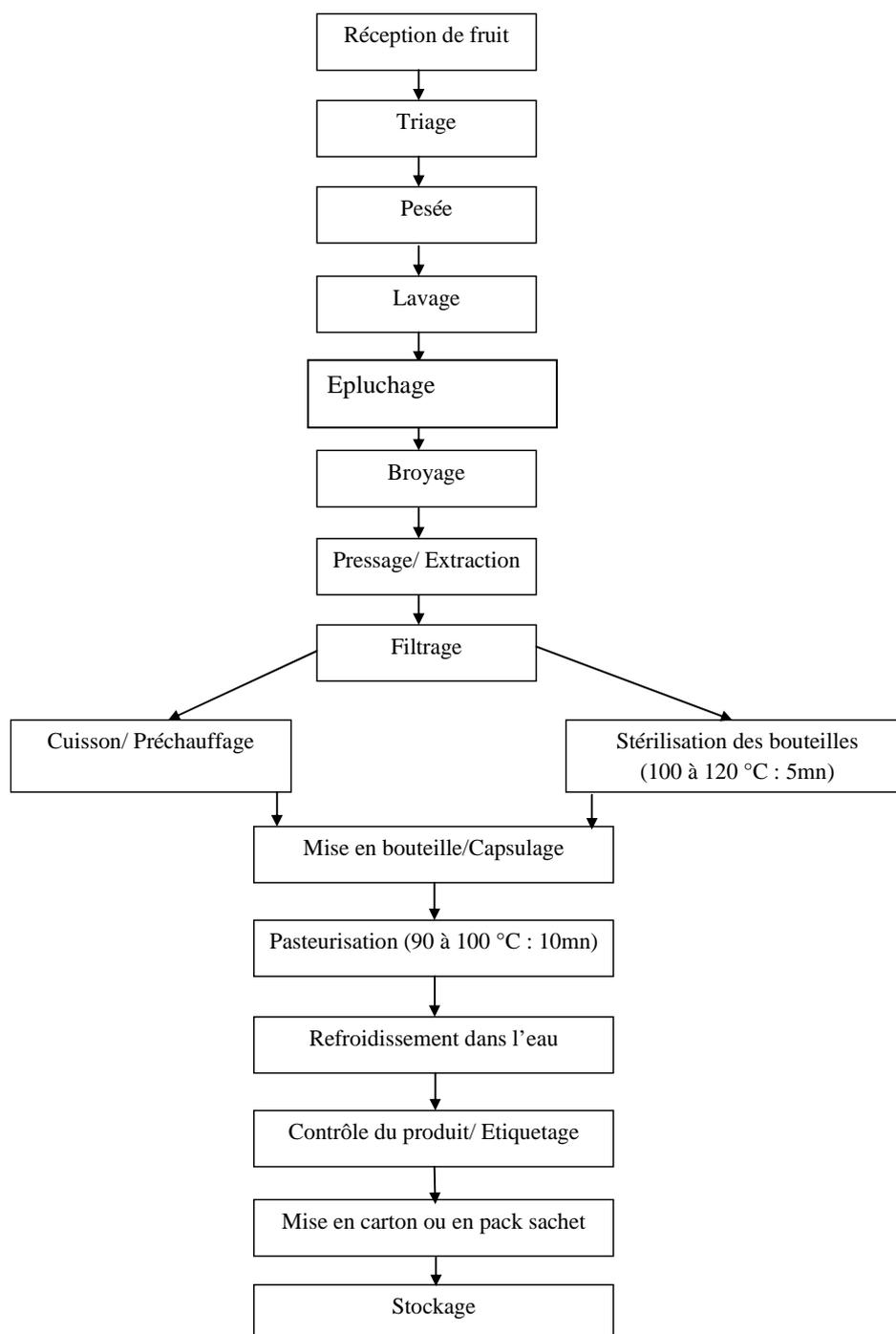


Figure 1 : Procédé de préparation du jus d’ananas.

Tableau 1. Effet de N, P et K sur le rendement en jus, la teneur en sucres totaux et l'acidité totale du fruit.

Niveau de nutriment (g/plant)	Sucres totaux (°Brix)	Acidité totale (g/kg)	Rendement en jus (l/plant)
Azote			
2,7	14,652 b	5,59 a	1,21 b
6,7	15,634 a	5,64 a	1,38 a
10,7	13,862 b	5,40 b	1,30 ab
Phosphore			
0,5	14,62 b	5,49 ab	1,28 ab
1,6	15,63 a	5,64 a	1,38 a
2,7	13,89 b	5,31 b	1,23 b
Potassium			
2,7	13,98 b	5,39 b	1,16 b
9,3	15,63 a	5,64 a	1,38 a
16	14,53 b	5,41 b	1,35 a
Azote*Phosphore*Potassium			
T1	15,63 a	5,64 a	1,38 a
T2	13,19 d	5,15 c	1,10 c
T3	13,48 cd	5,50 ab	1,27 abc
T5	14,40 bc	5,39 abc	1,39 a
T6	14,99 ab	5,72 a	1,36 ab
T7	14,57 bc	5,27 bc	1,26 abc
T8	13,41 cd	5,43 abc	1,17 abc
T9	15,86 a	5,46 abc	1,12 bc
T10	14,16 bcd	5,28 bc	1,38 a

Les moyennes portant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes au seuil de 5%.

T1: 6,7-1,6-9,3; T2: 2,7-2,7-2,7; T3: 10,7-0,5-2,7
T5: 10,7-2,7-16; T6: 2,7- 2,7-16; T7: 2,7- 2,7-16;
T8: 10,7-2,7-2,7; T9: 2,7-0,5-2,7; T10: 10,7- 0,5-16

Tableau 2 : Variables discriminantes des classes de traitements pour la qualité physico-chimique et organoleptique du jus d’ananas.

Caractéristiques	Classes	V. test	Moyenne	Probabilité
Arôme	1	2,14	2,54	0,03
Goût sucré		2,32	3,16	0,02
Goût acide		-2,35	1,58	0,02
pH	2	-2,58	4,50	0,01
Rendement en Jus		-2,82	0,30	0,00
Goût acide	3	2,35	2,12	0,02

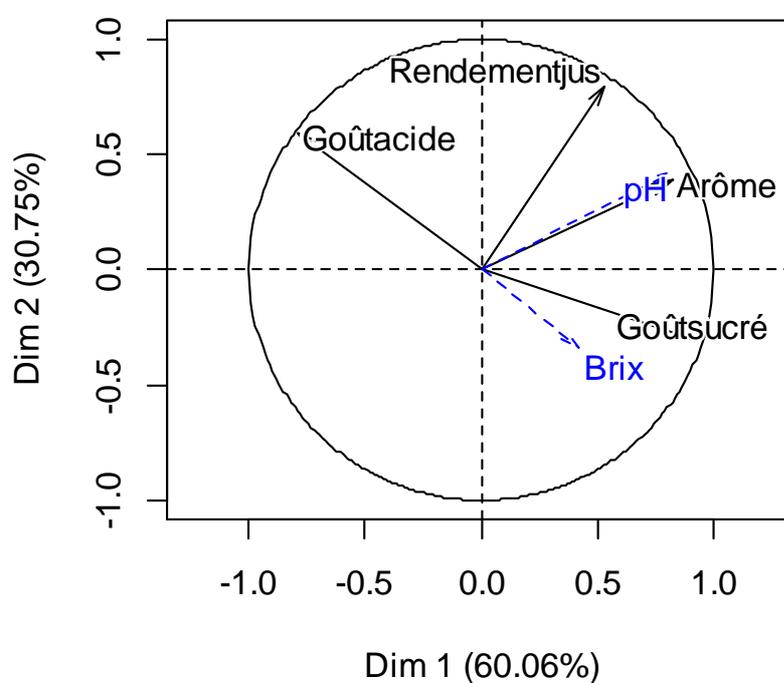


Figure 2 : Corrélation entre les caractéristiques physico-chimique et organoleptique du jus d’ananas et les deux premières dimensions de l’ACP.

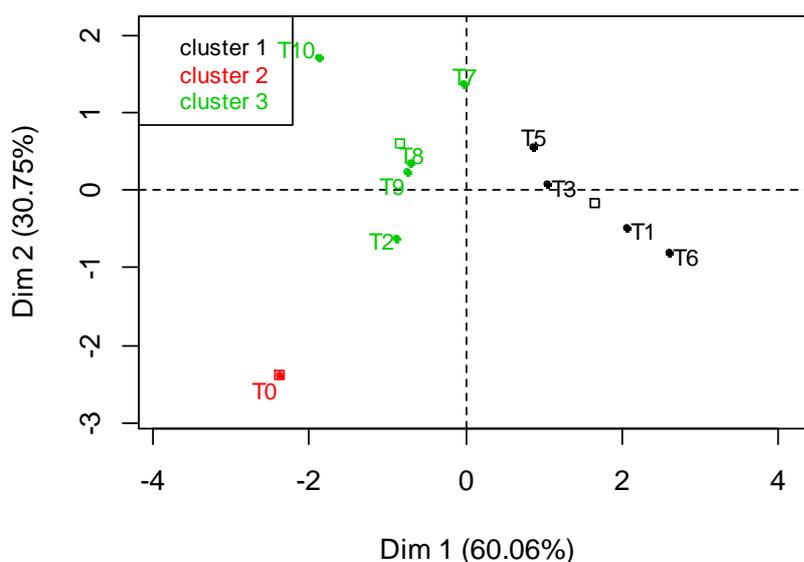


Figure 3 : Projection des classes de traitements selon les paramètres physico-chimique et organoleptique du jus de d'ananas Cayenne lisse dans le plan factoriel de l'ACP.

DISCUSSION

La fertilisation minérale a positivement influencé les caractéristiques physico-chimique et organoleptique du jus d'ananas Cayenne lisse cultivé au Bénin. L'influence positive de la fertilisation en potassium et en azote sur la taille et la qualité du fruit a été prouvée par Teisson *et al.* (1979), Reinhardt et Neiva (1986), Paula *et al.* (1991) et Spironello *et al.* (2004). L'azote a permis d'observer une amélioration significative du degré brix, du pH et du rendement en jus à une dose de 6,7g/plant et au-delà, a eu une action dépressive sur ces paramètres. De nombreuses études menées dans plusieurs pays ont montré que des doses croissantes en azote entraînent une réduction de l'acidité du jus (Py *et al.*, 1984 ; Spironello, 2004 ; Omotoso et Akinrinde, 2013). Des doses croissantes d'azote peuvent réduire la teneur en sucre des fruits ou n'avoir aucun effet significatif sur le degré Brix (Py *et al.*, 1987). Teisson *et al.* (1979) ont observé qu'une dose croissante de l'azote entraînait la réduction de la teneur en vitamine C du fruit. Le potassium a aussi amélioré significativement le degré Brix, le

pH et le rendement en jus à une dose de 9,3g/plant et au-delà, une action dépressive sur ces paramètres a été observée. Les mêmes tendances ont été observées au Brésil sur la même variété Cayenne lisse par Spironello *et al.* (2004). Le potassium a un effet significatif sur la qualité du fruit. Une augmentation du niveau de potasse dans la plante a pour effets : une amélioration du parfum et de la saveur des fruits, une augmentation du diamètre du pédoncule, donc de la résistance à la verse, mais aussi une diminution du rendement des tranches, une moins bonne coloration de la pulpe qui reste blanche, une bonne coloration de la peau et une chair ferme (Py *et al.*, 1984 ; Soler, 1992). Le potassium est l'élément le plus absorbé par la plante. Suite à une compilation des résultats de recherche menée à Cuba pendant 20 ans, Treto (1992) a rapporté que l'ananas consomme de grandes quantités de potassium (270 à 780 kg/ha).

Le phosphore a augmenté significativement la teneur en sucres totaux, le pH et le rendement en jus. Par contre, plusieurs auteurs n'ont pas trouvé de réponse de la plante au phosphore malgré les teneurs

très faibles de l'élément dans le sol (Py et al., 1984 ; Spironello, 2004). Le phosphore est essentiel au métabolisme de la plante qui en a particulièrement besoin au moment de la différenciation de l'inflorescence et de la floraison. Une déficience en cet élément à cette période ne manque pas d'entraîner une chute de rendement qui peut être importante (Nightingale, 1936). Godefroy et al. (1971) rapportent cependant que les besoins en cet élément sont limités. La réponse du phosphore s'explique par une déficience caractéristique en cet élément des sols ferrallitiques dans le Sud Bénin. Ces sols ont une capacité de rétention en cations et les réserves minérales se caractérisant par des taux de potassium extrêmement faibles et des teneurs en P_2O_5 faibles (Agossou, 1983).

Les doses des unités fertilisantes N et K_2O prometteuses se situent dans les normes recommandées par le Memento de l'agronome (2002) : 4 à 14 g N, 10 à 20 g K_2O , 5 g P_2O_5 et 5 g MgO par plant d'ananas. Le rapport K_2O/N des traitements qui ont montré des caractéristiques physico-chimique et organoleptique acceptables se situent entre 0,25 et 5,93. Ce rapport peut avoisiner l'unité pour une production industrielle (tranche, jus) (Schoier et Texido, 2001). Teiwes et Grünenberg (1968) ont affirmé qu'une adéquate relation N-K est très importante pour la production de l'ananas. Cette relation n'est pas fixe car selon les mêmes auteurs, elle dépend du milieu physique (type de sol et climat), de la variété de l'ananas et de la densité de plantation.

Conclusion

L'étude permet de retenir que les doses des unités fertilisantes N, P_2O_5 et K_2O améliorent la qualité du jus d'ananas produit au Bénin. Les traitements T9 (2,7 g/plant -0,5 g/plant -2,7 g/plant) et T1 (6,7 g/plant -1,6 g/plant -9,3 g/plant) ont montré les teneurs les plus fortes en sucres totaux tandis que les plus faibles concernent le traitement T2 (2,7 g/plant -2,7 g/plant -2,7 g/plant). Le rendement en jus le plus élevé a été enregistré

avec les traitements T1 et T10 (10,7 g/plant -0,5 g/plant -16 g/plant) et les plus faibles avec T2. Les traitements T1, T3, T5 (10,7 g/plant -2,7 g/plant -16 g/plant) et T6 (2,7 g/plant -0,5 g/plant -16 g/plant) sont prometteurs et permettent également d'avoir un rendement en jus appréciable.

REMERCIEMENTS

Nous remercions la coopération allemande à travers le DAAD et le Centre de Recherche pour l'Amélioration à l'Adaptation à la Sécheresse (CERAAS) pour avoir financé ce travail. Les auteurs remercient M. Félix Ahtonou pour avoir mis à notre disposition son unité de transformation de l'ananas en jus. Nous sommes aussi reconnaissants aux ingénieurs de travaux Ruth Afora, Crépin Houéno, Djamel Ayifimi, Claudel Agbangba et Jean Pierre Mèssèko pour leur implication active dans la collecte des données de terrain.

REFERENCES

- Agbangba CE. 2008. Contribution à la formulation d'engrais spécifique pour la culture de l'ananas par le diagnostic foliaire dans la commune d'Allada. Thèse d'ingénieur agronome, Université de Parakou, Parakou, p. 159.
- Agbangba CE, Dagbénonbakin DG, Kindomihou V. 2010. Etablissement des normes du Système Intégré de Diagnostic et de Recommandation de la culture d'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr) variété Pain de sucre en zone subéquatoriale du Bénin. *Annales de l'Université de Parakou, Série Sciences Naturelles et Agronomie*, **1**: 51-69.
- Agbangba CE, Sossa EL, Dagbenonbakin DG, Diatta S, Akpo LE. 2011. DRIS model parameterization to access pineapple variety 'Smooth Cayenne' nutrient status in Benin (West Africa). *Journal of Asian Scientific Research*, **1**(5): 254-264.
- Agossou Valérien. 1983. Les sols Béninois et leurs potentialités agricoles. Centre

- National d'Agropédologie (CENAP). Rapport d'étude, n° 260, 10p.
- Dagbénonbakin DG, Agbangba CE, Kindomihou V. 2010. Comparaison du système intégré de diagnostic et de recommandation et de la méthode de la valeur critique pour la détermination du statut nutritionnel de l'ananas (*Ananas comosus* (L.) Merr) variété Cayenne Lisse au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **4**(5) : 1550-1563.
- Achigan-Dako EG, Adjé CA, Sognigbé N, Fassinou HNV, Agbangla C Ahanchédé A. 2014. Drivers of conservation and utilization of pineapple genetic resources in Benin. *Springer Plus*, **3**: 273.
- FAO. 2012. World ranking: Pineapples, by Production (tonnes). Url: [http://mongabay.com/commodities/data/category/1-Production/1-Crops/574-Pineapples/51-Production+\(tonnes\)](http://mongabay.com/commodities/data/category/1-Production/1-Crops/574-Pineapples/51-Production+(tonnes)). Accessed on 11 May 2012.
- FAO. 2013. FAOSTAT. Url: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/Q/QC/E>. Accessed on 22 June 2013.
- Fassinou Hotegni V, Lommen W, van der Vorst J, Agbossou E, Struik P. 2012. Analysis of pineapple production systems in Benin. *Acta Horticult*, **928**: 47-58.
- Godefroy J, Py C, Tisseau MA. 1971. Action de la fumure phosphatée en culture d'ananas en Côte d'Ivoire et en Guadeloupe. *Fruits*, **26**(3): 207-210.
- Husson F, Lê Sébastien, Pagès G. 2010. *Exploratory Multivariate Analysis by Example sing R*. CRC Press, Taylor and Francis Group: Boca Raton.
- Mateljan G. 2007. *The Worlds Healthiest Foods*. Seattle WA: Washington, United States.
- Mémento de l'agronome. 2002. Ministère des Affaires étrangères. Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD). Groupe de recherche et d'échanges technologiques (GRET).
- Morton JF. 1987. *Fruits of Warm Climates*. Creative Resource Systems, Inc.: Miami, Florida; 505.
- Nightingale CT. 1936. The growth status of the pineapple plant. *Pineapple News*, **10**: 68-78.
- Morineau A 1984. Note sur la Caractérisation Statistique d'une Classe et les Valeurs-tests. *Bulletin Technique du Centre de Statistique et d'Informatique Appliquées*, **2**(1-2): 20-27.
- Omotoso SO, Akinrinde EA. 2013. Effect of nitrogen fertilizer on some growth, yield and fruit quality parameters in pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.) plant at Ado-Ekiti Southwestern, Nigeria. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science*, **3**(1): 11-16.
- Ouinkoun G, Lalèyè P. 2004. La traçabilité des produits agricole : cas de l'ananas, quels enjeux pour le Bénin ? *Atelier Sci. Nat. Act.*, **5**: 190-201.
- Owusu-Bennoah E, Ahenkorah Y, Nutsukpo DX. 1997. Effect of different levels of N:K₂O ratios on the yield and quality of pineapple in the forest-savanna ecotone of Ghana. *Acta Hort. (ISHS)*, **425**: 393-402.
- Paula MB, Carvalho RV, Noyer FD, Souza LFS. 1991. Effet de la chaux, du potassium et de l'azote sur le rendement et la qualité des fruits ananas. *Brésilienne de Recherche Agricole*, **26** : 1337-1343.
- Purseglove JW. 1972. Tropical crops. Monocotyledons. Longman: London; 75-91.
- Py C, Lacoëuilhe JJ, Teisson C. 1987. *L'Ananas : sa Culture, ses Produits*. Maison Neuve et Larose ACCT: Paris ; 564.
- Core Team R. 2012. *A Language and Environment for Statistical Computing*.

- R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria;
- Reinhardt DHRC, Neiva LPA. 1986. NPK et sources de potassium dans l'ananas 'Perola' dans la micro-région à Bahia de Feira de Santana. In: Congrès International de Fruits, 8, Brésil, DF. Actes. Brésil: SBF, 41-46.
- Scohier, Texido. 2001. Ananas. In *Agriculture en Afrique Tropical*, Raemaekers HR (ed). Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI), Rue des Petits Carmes : Bruxelles, Belgique.
- Soler A. 1992. *L'ananas : Critères de Qualité*. CIRAD; COLEACP: Montpellier ; Bruxelles; 48.
- Spiroello A, Quaggio JA, Teixeira LAJ, Furlani PR, Sigrist JMM. 2004. Pineapple Yield and Fruit Quality Affected By NPK Fertilization in a Tropical Soil. *Rev. Bras. Frutic.*, **26**(1): 155-159.
- Teisson C, Lacoeyllhe JK, Combres JC. 1979. Le brunissement interne de l'ananas. Recherches des moyens de lutte. *Fruits*, **34** : 399-415.
- Teiwes G, Grünenberg T. 1968. Connaissance et expérience de la fécondation de l'ananas. *Ingénierie Agronomique*, **4**: 7 - 13.
- Treto E. 1992. Nutrition et fertilisation des pina: 20 ans de recherche à l'Institut National des Sciences Agricoles (INCA). Cultures tropicales.
- Watts BM, Ylimaki GL, Jeffery LE, Elias LG. 1991. *Méthodes de Base pour l'Evaluation Sensorielle des Aliments*. Ont., CRDI : Ottawa ; 159.