

Analyse de la variabilité des rendements chez l'ananas (*Ananas comosus* L. MERR.).

I- Caractérisation, dans les conditions de Côte d'Ivoire, des fluctuations saisonnières du rendement et de certains facteurs liés à la qualité du fruit.

E. MALEZIEUX et J.J. LACOEUILHE*

ANALYSIS OF YIELD VARIABILITY IN PINEAPPLE (*ANANAS COMOSUS* L. MERR.).

I. Characterisation, under the conditions of Côte d'Ivoire, of seasonal fluctuations in yield and certain factors related to fruit quality.

E. MALEZIEUX and J.J. LACOEUILHE.

Fruits, May-Jun. 1991, vol. 46, n° 3, p. 227-239.

ABSTRACT - The effect of plantation date on yield and certain biological indicators of the functioning of population on the interval between flower induction and harvesting and on several criteria concerning fruit quality were studied in 120 plots planted monthly over a 10-year period in Côte d'Ivoire. A «seasonal effect» was quantified for each of the parameters studied. Production increase averaged 31% with the same cycle length when planting was carried out in March rather than July. Vegetative growth and plant efficiency (fruit weight with the same vegetative development at flower induction) were significantly affected by the position of the cycle in the year, as were fruit acidity and the flower to harvest time. Seasonal variations of TSS were smaller and less distinct. The findings make it possible to characterise the seasonal variations in important parameters in pineapple growing and thus provide useful crop cycle management references for growers in lower Côte d'Ivoire.

ANALYSE DE LA VARIABILITE DES RENDEMENTS CHEZ L'ANANAS (*ANANAS COMOSUS* L. MERR.).

I.- Caractérisation, dans les conditions de Côte d'Ivoire, des fluctuations saisonnières du rendement et de certains facteurs liés à la qualité du fruit.

E. MALEZIEUX et J.J. LACOEUILHE.

Fruits, May-Jun. 1991, vol. 46, n° 3, p. 227-239.

RESUME - L'incidence de la date de plantation sur le rendement et certains indicateurs biologiques du fonctionnement du peuplement, sur l'intervalle induction florale-récolte et sur quelques critères caractérisant la qualité du fruit a été étudiée sur 120 parcelles plantées mensuellement pendant 10 ans en Côte d'Ivoire. Un «effet saisonnier» a été quantifié pour chacun des paramètres étudiés. A longueur de cycle égal, le gain de production atteint en moyenne 31 p. 100 lorsque les plantations sont mises en place en mars plutôt qu'en juillet. La croissance végétative et l'efficacité de la plante (poids de fruit obtenu pour un même développement végétatif au moment de l'induction florale) sont influencées significativement par la position du cycle dans l'année, de même que l'acidité du fruit et l'intervalle induction florale-récolte. Les variations saisonnières de l'extrait sec sont plus faibles et plus diffuses. Ces différents résultats permettent de caractériser les variations saisonnières de paramètres importants en culture d'ananas et fournissent ainsi des références utiles au planteur de Basse Côte d'Ivoire pour gérer le cycle de la culture.

MOTS-CLÉS : Variabilité. Rendement. Ananas. Côte d'Ivoire. Climat. Qualité.

INTRODUCTION

En Côte d'Ivoire, la culture de l'ananas est située dans une zone comprise entre 5° et 6° de latitude Nord. Toutefois, malgré une faible amplitude thermique caractéristique du climat tropical humide de basse altitude, on constate, pour un même itinéraire technique et une même longueur du cycle végétatif, l'existence de fortes variations du rende-

ment, en fonction de la date de plantation et de l'année considérée.

Compte tenu des caractéristiques socio-économiques des plantations, les mises en place de nouvelles parcelles et les récoltes sont généralement réparties sur toute l'année, même si le nombre de plants mis en jeu lors de ces différentes opérations varie en fonction des objectifs et des contraintes du planteur (étalement des récoltes ou choix de pics de production axés sur les périodes de cours élevés). Que la production soit destinée à la transformation (usinage) ou à

* - MALEZIEUX - IRFA-CIRAD - 01 B.P. 1740 - ABIDJAN 01 - RCI. LACOEUILHE - IRFA-CIRAD - B.P. 5035 - 34032 MONTPELLIER CEDEX (France).

l'exportation sous forme de fruits frais, des impératifs de prévision apparaissent à la fois dans le temps (prévision de la date de récolte) et en terme de rendement. La connaissance, à priori, du rendement potentiel d'une parcelle et de la date précise de récolte en fonction de la période de l'année constituerait pour le planteur un atout important en vue de maximiser la rentabilité de la culture.

Nous nous proposons ici de caractériser les fluctuations saisonnières de quelques facteurs déterminants en production d'ananas : le rendement, le poids du plant au moment de l'induction florale, l'efficacité de la plante à former un fruit pour un même développement végétatif au moment de l'induction florale. Enfin, les variations saisonnières de la durée de l'intervalle entre l'induction florale et la récolte, de l'extrait sec et de l'acidité du fruit à la récolte, composantes importantes de la qualité du produit, seront étudiées.

Cette étude n'a pour objectif que de rendre compte de l'évolution saisonnière de certains paramètres biologiques et non d'en analyser le déterminisme, ce qui a été entrepris par ailleurs (MALEZIEUX, 1988).

MATERIEL ET METHODES

Les essais ont été réalisés sur la station de recherches fruitières de l'IRFA-CIRAD située en Côte d'Ivoire à proximité d'Abidjan (lat. 5°N, alt. 25 m).

Matériel végétal utilisé.

Ananas comosus L. MERR, Cv 'Cayenne lisse', cayeux de 400 g.

Caractéristiques pédoclimatiques du site d'essai : les sols sont de type ferrallitique fortement désaturés, à réaction acide (4,2 < pH < 4,5). Les caractéristiques physico-chimiques de ces sols et leur aptitude à la production d'ananas ont été décrites par ailleurs (GODEFROY *et al.*, 1972, 1975).

Les principales caractéristiques du climat ont été analysées précédemment (MALEZIEUX, 1988).

Dispositif expérimental et techniques culturales.

Cent-vingt parcelles ont été mises en place mensuellement de janvier 1979 à décembre 1988, permettant ainsi de couvrir une large gamme de variations climatiques. Les plantations sont réalisées selon un dispositif en 2 rangs, sur billon, à la densité de 61 500 pieds/ha. Les cayeux de 400 g sont parés et trempés dans une solution insecticide.

Les plantations ont lieu le 10 de chaque mois et le traitement d'induction florale (TIF) est réalisé systématiquement 8 mois après la mise en terre (traitement effectué de nuit à l'acétylène et répété 3 fois à 2 jours d'intervalle).

Phosphore, calcium et magnésium sont apportés (phosphate naturel et dolomie) au moment de la préparation du terrain : 2 g de P₂O₅, 2,5 g de MgO et 6 g de CaO par plant. Dans chacune des parcelles la fumure azotée (urée) et potassique (sulfate de potasse) est fractionnée en 8 applications identiques réparties au cours de la phase végétative (0,66 g N et 1,66 g K₂O/pied/apport).

Les techniques culturales sont les mêmes pour l'ensemble des parcelles à l'exception des nématicides pour lesquels des changements de produits sont intervenus : de 1979 à 1984, utilisation de dibromoéthane (EDB) à la plantation ; en 1985 et 1986, réalisation de deux pulvérisations de phénamiphos (NEMACUR) au cours du cycle végétatif ; de 1987 à 1988, application de DD (TELONE) à la plantation.

Aucun apport d'eau n'est effectué.

Observations et mesures.

De 1979 à 1983, 60 plants entiers sont prélevés dans chaque parcelle au TIF et à la récolte. A partir de 1984, 40 plants entiers sont analysés dans chaque parcelle aux stades suivants : TIF, TIF + 2 mois, TIF + 4 mois et récolte. Ces plants sont pesés individuellement (matière fraîche) ainsi que chacun de leurs organes constitutifs (feuilles, tige, fruit, couronne).

Outre ces plants échantillonnés, 220 fruits sont pesés sans la couronne dans chaque parcelle au moment de la récolte.

La récolte des fruits intervient au stade demi-jaune. Un passage dans les parcelles est effectué tous les deux jours permettant de récolter les fruits au même stade de coloration externe (ce qui ne signifie pas une maturité identique de la chair). La date de récolte de chaque fruit est relevée. L'intervalle TIF-récolte (ITR) correspond à la date à laquelle 50 p. 100 des fruits sont récoltés. Par rapport au calcul de la date moyenne de récolte, cette méthode, déjà employée par TISSEAU (1963) et COMBRES (1979), a l'avantage de ne pas surestimer ITR dans le cas où la récolte débute trop tard.

Pour chacun des 40 plants échantillonnés, le nombre d'yeux du fruit, l'acidité libre (dosée par neutralisation de 10 cm³ de jus par la soude N/10) et l'indice réfractométrique (extrait sec soluble) du jus sont mesurés au moment de la récolte.

RESULTATS

Afin de caractériser les fluctuations saisonnières des paramètres biologiques retenus, on présentera successivement, pour chacune des variables :

- la série chronologique obtenue sur les 120 parcelles,
- les résultats d'une analyse de variance réalisée sur le mois de plantation (10 répétitions correspondant aux 10 années étudiées).

Afin de dissocier les effets intra et inter-annuels, l'on considérera dans certains cas l'écart à la quantité lissée sur 12 mois : on pourra ainsi comparer les effets liés à la période de plantation indépendamment de l'effet année.

La variabilité des rendements obtenus.

Sur les 120 parcelles étudiées, le poids moyen du fruit récolté par parcelle (poids frais sans couronne) varie de 702 g (plantation de juin 1982) à 1 582 g (plantation de mars

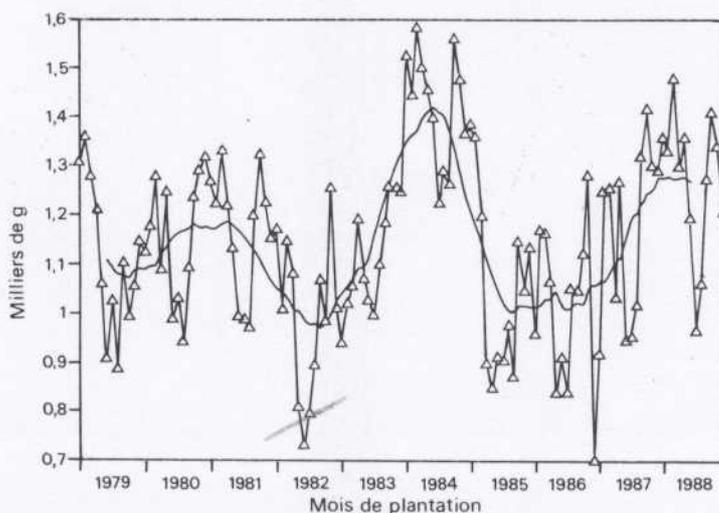


FIGURE 1 - Série chronologique des poids moyens de fruit. En ligne continue : valeurs lissées sur 12 mois.

1984). La moyenne de l'essai est de 1 145 g, soit un rendement théorique moyen de 70 tonnes/ha sans couronne (en supposant que la totalité des pieds plantés donne un fruit).

La série chronologique des poids moyens de fruit obtenus sur les 120 parcelles de l'essai, représentée sur la figure 1, met en évidence l'existence de fortes variations inter et intra-annuelles. De telles différences de rendement, obtenues pour une même longueur de cycle et un même itinéraire technique, révèlent la difficulté à prévoir le rendement en culture d'ananas.

L'analyse de variance effectuée sur le mois de plantation permet de distinguer cinq groupes homogènes (tableau 1) montrant que la date de plantation a un effet significatif sur le rendement. Les rendements les plus faibles sont obtenus pour les plantations de juin, juillet et août (récoltes de juillet à septembre) alors que les parcelles plantées en février, mars ou octobre, novembre, permettent d'espérer les rendements les plus élevés.

Afin de différencier les deux effets intra et inter-annuels, l'influence de l'année peut être éliminée en considé-

rant le poids moyen du fruit d'une parcelle (PF) sous la forme :

$$PF = PF_1 * X_{ij} \quad (1)$$

avec PF1 : poids moyen du fruit lissé sur 12 mois

X_{ij} : variable résiduelle

$$1 \leq i \leq 12$$

$$1 \leq j \leq 10$$

La quantité $X_i = \sum_j X_{ij} / n$ exprime la composante saisonnière liée au mois de plantation, indépendamment de l'année.

Les variations de X_i en fonction du mois de plantation ont été représentées sur la figure 2 ainsi que l'intervalle de confiance associé à chaque valeur moyenne. On observe l'existence de variations saisonnières très importantes, X_i étant supérieur ou égal à 1,1 pour les plantations de mars et novembre et inférieur à 0,9 pour les plantations de juin, juillet et août.

On montre ainsi que seulement 85 p. 100 du rendement moyen peut être espéré en plantant durant les mois de juin

TABLEAU 1 - Effet du mois de plantation sur le poids du fruit. Moyenne exprimée en grammes (poids frais sans couronne) Groupes homogènes constitués par test de Newman-Keuls à 5 p. 100.

Mois de plantation	Moyenne et I.C. (5 p. 100)	Groupes homogènes
mars	1276 + /-112	A
novembre	1252 + /-91	A B
octobre	1244 + /-135	A B
février	1233 + /-104	A B
janvier	1194 + /-149	A B
avril	1157 + /-119	A B C
décembre	1157 + /-136	A B C
septembre	1142 + /-96	A B C
mai	1108 + /-162	B C D
août	1018 + /-85	C D E
juin	1000 + /-129	D E
juillet	971 + /-84	E

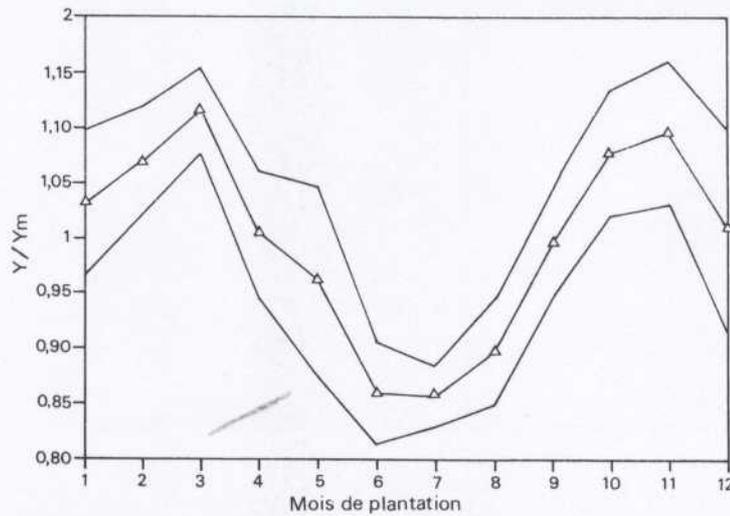


FIGURE 2 - Fluctuations saisonnières du rapport entre le poids de fruit et le poids du fruit lissé sur 12 mois. En abscisse : mois de plantation. Indications de l'intervalle de confiance (5 p. 100).

et juillet alors qu'une plantation effectuée en mars ou novembre permet une espérance de rendement de 10 p. 100 supérieur à la moyenne. En considérant une moyenne de 1 145 g/fruit, la différence entre une plantation de juin et une plantation de mars s'élève en moyenne à 286 g/fruit, soit un écart de rendement théorique moyen de près de 18 tonnes/ha.

La variabilité de certains indicateurs biologiques intervenant dans le processus d'élaboration du rendement.

Différents travaux (PY et PELLEGRIN, 1958 ; GAILLARD, 1970 ; MALEZIEUX, 1988) ont mis en évidence l'existence de relations entre le niveau de développement atteint par la plante au moment de l'induction florale et le poids du fruit obtenu. La séquence climatique régnant durant la phase post-induction florale est toutefois susceptible de modifier la relation entre le poids du plant au TIF et le poids du fruit (MALEZIEUX, 1988), réduisant ainsi les

conditions de validité de cette relation.

Après avoir caractérisé l'incidence de la date de plantation sur le développement végétatif de la plante (mesuré à 8 mois, au moment de l'induction florale), on s'attachera à étudier les fluctuations saisonnières de l'efficacité de la plante à former un fruit (poids du fruit pour un niveau de développement végétatif donné).

- Fluctuations saisonnières du poids du plant à 8 mois (fin de phase végétative).

La série chronologique des poids de plant au TIF, représentée pour les 120 parcelles de l'essai sur la figure 3, met en évidence l'existence de fortes variations inter-annuelles : les poids de plant au TIF des parcelles plantées en 1984 sont largement supérieurs à ceux plantés en 1982, 1985 ou 1986. D'importantes variations intra-annuelles apparaissent également. Afin de rendre compte de ces

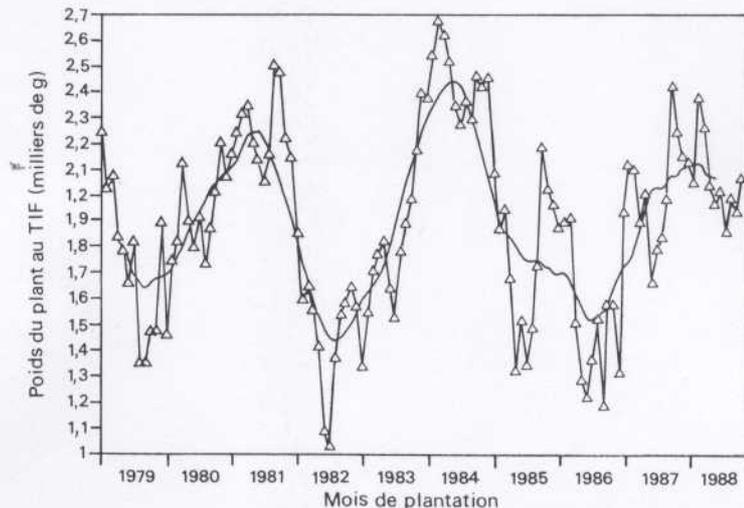


FIGURE 3 - Série chronologique du poids du plant entier mesuré à 8 mois. Ligne continue : valeurs lissées sur 12 mois. En abscisse : date de plantation.

fluctuations intra-annuelles, on peut utiliser le modèle additif :

$$PTIF = PTIF1 + X'_{ij} \quad (2)$$

PTIF = poids du plant au TIF

PTIF1 = moyenne de PTIF lissée sur 12 mois

X'_{ij} = variable résiduelle

$1 \leq i \leq 12$

$1 \leq j \leq 10$

La quantité $X_i = \sum_j X'_{ij} / n$ exprime la composante saisonnière liée au mois de plantation. Ses variations ont été représentées sur la figure 4. L'analyse de variance réalisée sur la variable « mois de plantation » permet de distinguer plusieurs groupes homogènes (tableau 2).

L'écart moyen entre les niveaux de croissance atteint par les plantations des mois de mars et novembre (dates optimales) et les plantations des mois de juin et juillet est de 350 g, ce qui correspond à un gain de croissance moyen de 20 p. 100 obtenu en calant le cycle végétatif durant une période favorable.

● Fluctuations saisonnières de l'efficience de la plante.

Nous avons représenté sur la figure 5 le poids moyen du fruit obtenu sur chacune des parcelles de l'essai en fonction du poids du plant mesuré au TIF (biomasse aérienne). Une régression linéaire peut être établie, d'équation :

$$PF = PTIF * 0,41 + 368 \quad r^2 = 0,63, \quad n = 120 \quad (3)$$

PF = poids moyen des fruits de chaque parcelle (en g/fruit)

PTIF = poids moyen du plant au TIF de la parcelle correspondante (en g/plant).

L'efficience de la plante à former un fruit peut être représentée par la quantité PF - PFcal (EFF), qui mesure l'écart au modèle (3). Cette quantité est indépendante du poids du plant au TIF et permet donc de mesurer la capacité de la plante à former un fruit à développement végétatif égal au moment du TIF. Comme précédemment [modèle (2)], on peut écrire :

$$EFF = EFF1 + X'_{ij}$$

avec : EFF1 = EFF lissée sur 12 mois

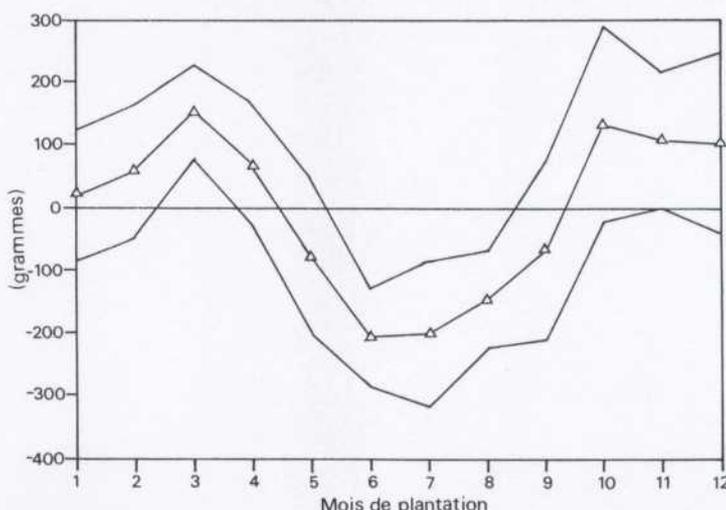


FIGURE 4 - Ecart entre valeurs mesurées (poids du plant au TIF) et valeurs lissées sur 12 mois. En abscisse : mois de plantation. Indication de l'intervalle de confiance (5 p. 100).

TABLEAU 2 - Effet du mois de plantation sur le poids du plant au TIF.

Ecart entre valeurs mesurées et valeurs lissées sur 12 mois (g).

Groupes homogènes constitués par test de Newman-Keuls à 5 p. 100.

Mois de plantation	Moyenne	Groupes homogènes
mars	153	A
octobre	135	A
novembre	110	A
décembre	104	A
avril	68	A B
février	59	A B
janvier	21	A B
septembre	-66	A B C
mai	-78	A B C
août	-144	B C
juillet	-198	C
juin	-205	C

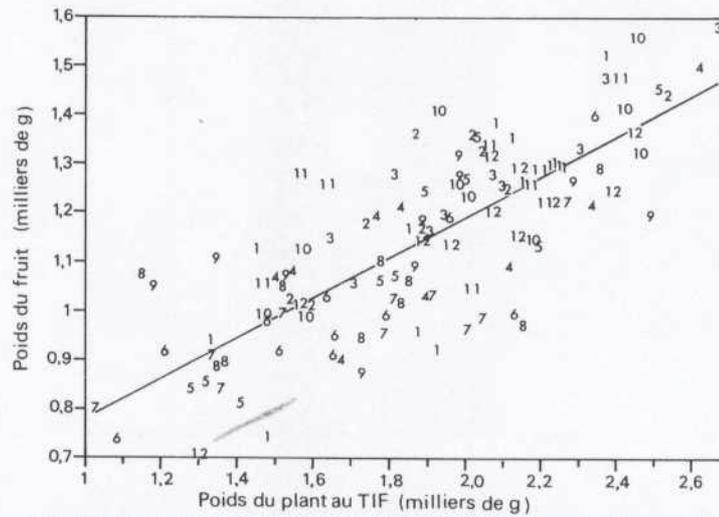


FIGURE 5 - Relation entre le poids du fruit et le poids du plant au TIF. Moyennes parcelles. Indication de chaque parcelle par le mois de plantation (de 1 à 12).
Equation de régression : $Y = 0.41X + 368$ $n = 120$, $r^2 = 0.63$.

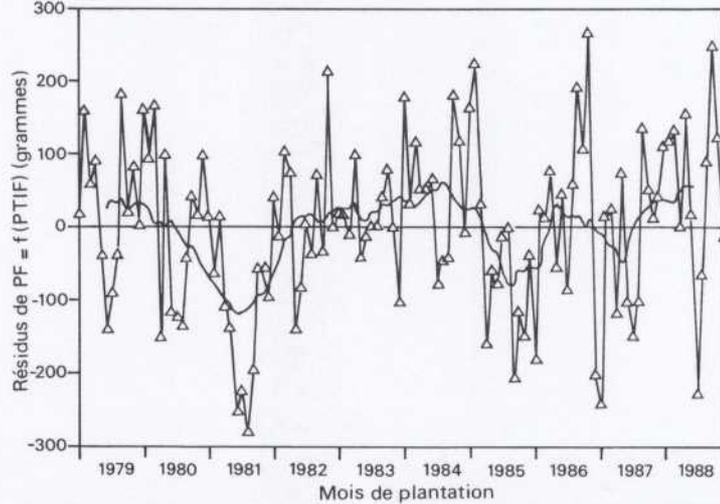


FIGURE 6 - Série chronologique des résidus de la relation $PF = f(PTIF)$ caractérisant l'efficacité de la plante ($EFF = PF - PF_{cal}$). Ligne continue: résidus lissés sur 12 mois.

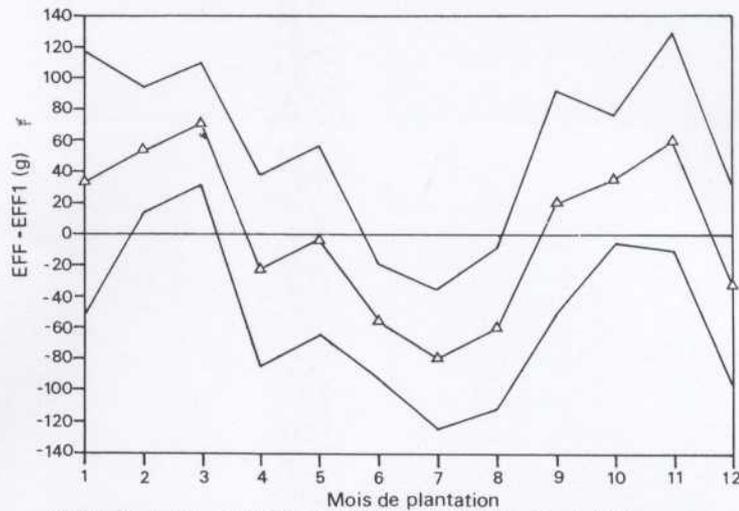


FIGURE 7 - Fluctuations saisonnières de l'écart entre l'efficacité et l'efficacité lissée sur 12 mois. Indication de l'intervalle de confiance (5 p. 100).

Nous avons représenté sur la figure 6 la série chronologique de EFF ainsi que les variations de EFF1. Les fluctuations inter-annuelles sont peu importantes mais de fortes variations apparaissent au sein de chaque année. Comme précédemment, on définit une variable X'_{ij} , caractérisant les fluctuations saisonnières de l'efficacité. Les variations de X'_{ij} ont été représentées sur la figure 7. Des différences significatives apparaissent entre les différentes dates de plantation (et donc l'induction florale) : on note ainsi un écart moyen d'efficacité de 180 g entre les plantations de novembre et mars (inductions florales de juillet et novembre) à forte efficacité et les plantations de juillet (induction florale de mars) à faible efficacité.

Les deux paramètres « poids du plant au TIF » et « efficacité de la plante à former un fruit » sont tous deux susceptibles de faire varier le rendement. Selon la date de plantation qui détermine le calage du cycle dans l'année, les valeurs prises par ces deux variables sont modifiées l'une par rapport à l'autre. L'ensemble des différents cas de figure a été représenté sur le tableau 3.

Les faibles rendements observés en moyenne pour les plantations de juin, juillet et août peuvent être reliés à la fois à la présence d'un faible niveau de biomasse au moment de l'induction florale et à une mauvaise valorisation de cette biomasse. Au contraire, les rendements élevés obtenus dans le cas de plantations effectuées en mars, octobre ou novembre peuvent être reliés à un fort développement végétatif et à une efficacité élevée. Les plantations d'avril et de décembre ont un bon développement végétatif mais l'efficacité limite le rendement. Le développement végétatif est par contre limitant pour les plantations de mai.

La variabilité de deux composantes importantes de la qualité du fruit : l'acidité et l'extrait sec soluble.

- L'acidité du fruit à la récolte.

La série chronologique de l'acidité moyenne des fruits des 120 parcelles de l'essai a été représentée sur la figure 8. Une variabilité intra-annuelle très forte apparaît, légèrement perturbée par une évolution liée à l'année (observation des valeurs lissées sur 12 mois).

L'analyse de variance, réalisée sur le mois de plantation, permet de distinguer 7 groupes homogènes (tableau 4) : la date de plantation (ou de récolte) constitue donc un critère très précis pour prévoir l'acidité du fruit. Les moyennes mensuelles varient de 6,7 mé/100 ml pour les récoltes d'avril à 16 mé/100 ml pour les récoltes d'août. La gamme de variation de l'acidité, liée à la date de plantation est donc très large.

Afin de rendre compte du caractère cyclique de ces variations intra-annuelles, on propose le modèle additif suivant :

$$AC = AC_m + X'_{ij} \quad (2)$$

AC_m : acidité lissée sur 12 mois
 X'_{ij} : variable résiduelle

La composante X'_{ij} caractérise l'écart entre l'acidité d'un mois de plantation donné et la valeur lissée sur 12 mois autour de cette date. Elle exprime l'effet saisonnier.

Les fortes variations des moyennes mensuelles de X'_{ij} , ainsi que le faible intervalle de confiance associé (figure 9) montrent que l'acidité est un facteur dont les fluctuations saisonnières sont extrêmement importantes. On observe la présence d'un pic très marqué correspondant aux plantations de juillet (récolte en août) et d'un minimum en mars (récolte d'avril). L'écart entre ces deux mois atteint en moyenne 10 mé/100 ml.

TABLEAU 3 - Rendements obtenus en fonction du mois de plantation (cycles végétatifs de 8 mois).

Niveau de biomasse obtenu au TIF en fonction de la date de plantation			Efficacité de la biomasse présente au TIF en fonction de la date de plantation		
élevé	moyen	faible	élevée	moyenne	faible
mars	janvier	juin	janvier	avril	juin
octobre	février	juillet	février	mai	juillet
novembre	avril	août	mars	septembre	août
décembre	septembre	mai	octobre	décembre	
			novembre		

Rendement obtenu en fonction de la date de plantation			
++	+	-	--
mars	février	avril	août
octobre	janvier	décembre	juin
novembre		septembre	juillet
		mai	

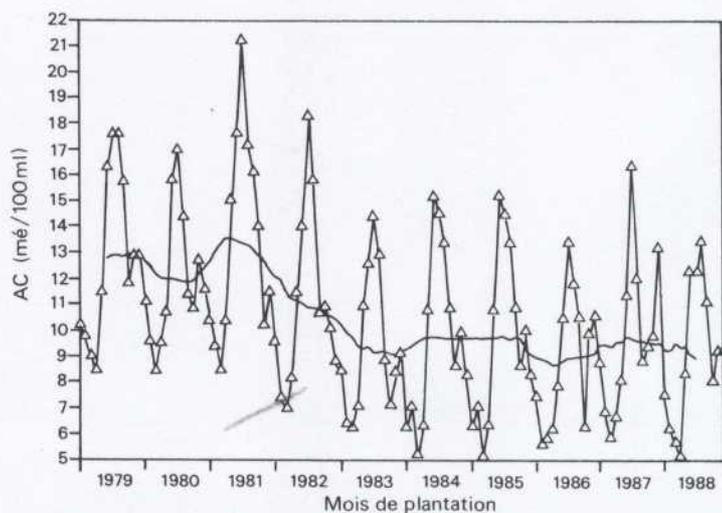


FIGURE 8 - Série chronologique de l'acidité. En ligne continue : valeurs lissées sur 12 mois.

TABLEAU 4 - Relation entre le mois de récolte et l'acidité.

Moyenne exprimée en mEq/100 ml.

Groupes homogènes constitués par test de Newman-Keuls à 5 p. 100

Mois de récolte	Moyenne et I.C. (5 p. 100)		Groupes homogènes
août	15.96	+/-1.9	A
septembre	14.21	+/-1.4	B
juillet	14.09	+/-1.6	B
octobre	11.51	+/-1.8	C
juin	10.57	+/-1.5	C D
janvier	10.37	+/-1.3	C D
décembre	10.33	+/-1	C D
novembre	9.6	+/-1.7	D E
février	8.61	+/-1.2	E F
mars	7.55	+/-1.1	F G
mai	7.76	+/-1.2	F G
avril	6.72	+/-1	G

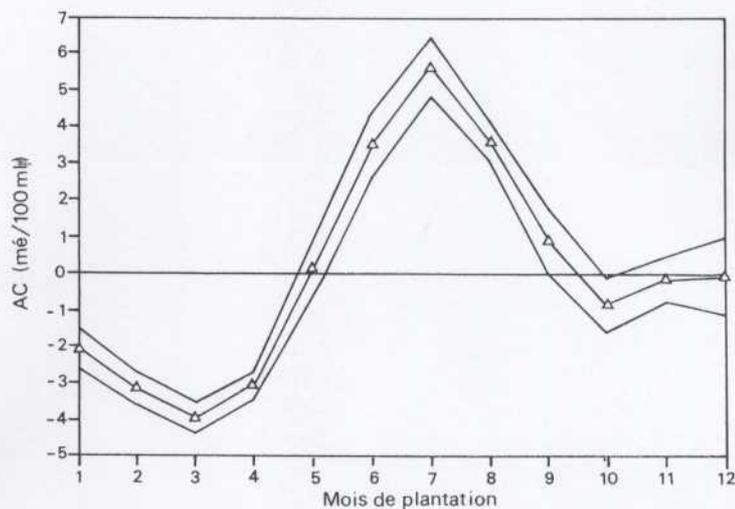


FIGURE 9 - Fluctuations saisonnières de l'écart entre l'acidité et l'acidité lissée sur 12 mois. Indication de l'intervalle de confiance (5 p. 100).

● L'extrait sec soluble à la récolte.

La série chronologique de l'extrait sec moyen de chacune des parcelles a été représenté sur la figure 10. Les valeurs lissées montrent une élévation de l'extrait sec de l'ordre de 2° Brix entre 1979 et 1985, suivie d'une diminution lors des dernières années étudiées.

L'analyse de variance réalisée sur le mois de plantation ne permet de distinguer que deux groupes homogènes (tableau 5) : les variations intra-annuelles de l'extrait sec soluble restent très diffuses. Les parcelles récoltées en novembre, décembre et mai s'opposent aux parcelles récoltées en février, mars pour lesquelles l'extrait sec soluble est plus faible. L'écart entre ces deux groupes ne dépasse toutefois pas 1,5° Brix.

L'effet intra-annuel a été analysé à l'aide du modèle (2). Les variations mensuelles de X_i ont été représentées sur la figure 11. Les fluctuations intra-annuelles restent peu importantes, étant pour tous les mois inférieures à 1° Brix.

L'intervalle de confiance est large, signifiant que la prise en compte seule du mois de plantation et de l'année ne suffisent pas à expliquer les variations de l'extrait sec. Cette marge d'erreur doit toutefois être relativisée, l'intervalle de confiance maximal ne dépassant pas 1,4° Brix.

La variabilité de l'intervalle entre le traitement d'induction florale et la récolte.

La moyenne de l'intervalle TIF-récolte sur les 10 ans de plantations mensuelles est de 160,9 jours, les extrêmes étant compris entre 148 jours (juillet 1982) et 176,5 jours (octobre 1981). L'écart-type est de 4,7 jours.

La série chronologique de l'intervalle TIF-récolte (ITR) a été représentée sur la figure 12. Les fluctuations inter-annuelles sont faibles alors que de fortes variations intra-annuelles apparaissent.

L'analyse de variance réalisée sur le mois de l'induction

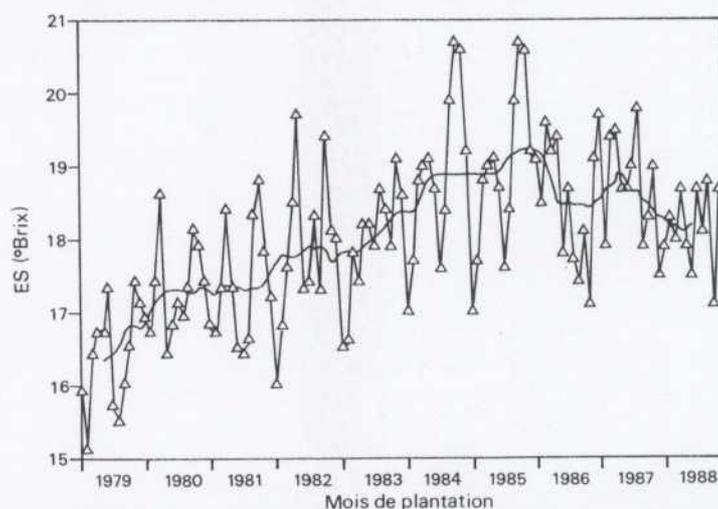


FIGURE 10 - Série chronologique de l'extrait sec soluble mesuré à la récolte. En ligne continue : valeurs lissées sur 12 mois.

TABLEAU 5 - Relation entre le mois de récolte et l'extrait sec soluble.

Moyenne exprimée en degrés Brix.

Groupes homogènes constitués par test de Newman-Keuls à 5 p. 100.

Mois de récolte	Moyenne et I.C. (5 p. 100)		Groupes homogènes	
décembre	18.63	+/-0.87	A	
novembre	18.56	+/-0.99	A	
mai	18.5	+/-0.51	A	
juin	18.25	+/-0.82	A	B
janvier	18.21	+/-0.52	A	B
octobre	18.12	+/-0.87	A	B
avril	18.11	+/-0.73	A	B
septembre	17.84	+/-0.87	A	B
juillet	17.75	+/-0.57	A	B
août	17.61	+/-0.75	A	B
février	17.28	+/-0.9		B
mars	17.2	+/-0.73		B

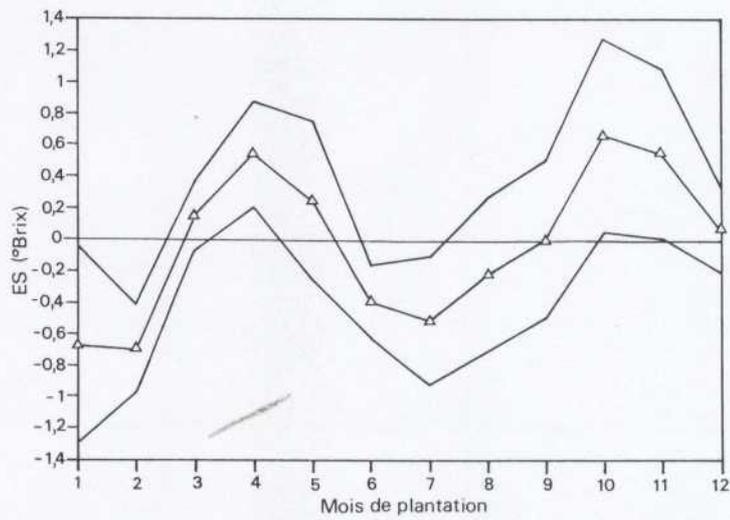


FIGURE 11 - Fluctuations saisonnières de l'écart entre l'extrait sec mesuré et l'extrait sec lissé sur 12 mois. Indication de l'intervalle de confiance (5 p. 100).

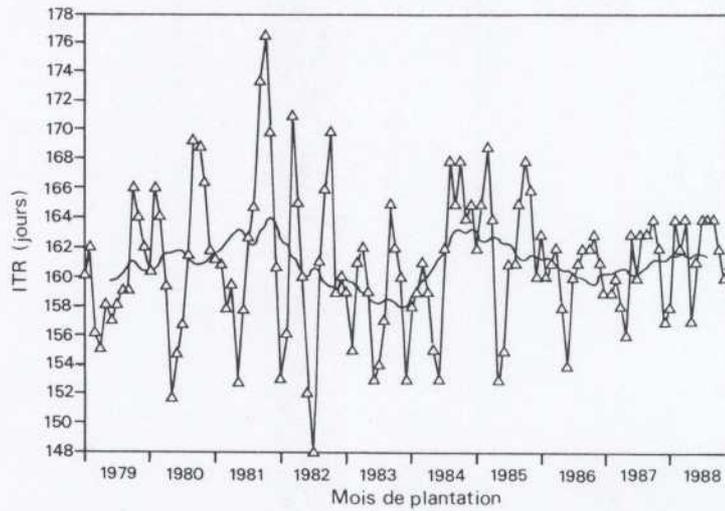


FIGURE 12 - Série chronologique de l'intervalle TIF-récolte. En ligne continue : valeurs lissées sur 12 mois.

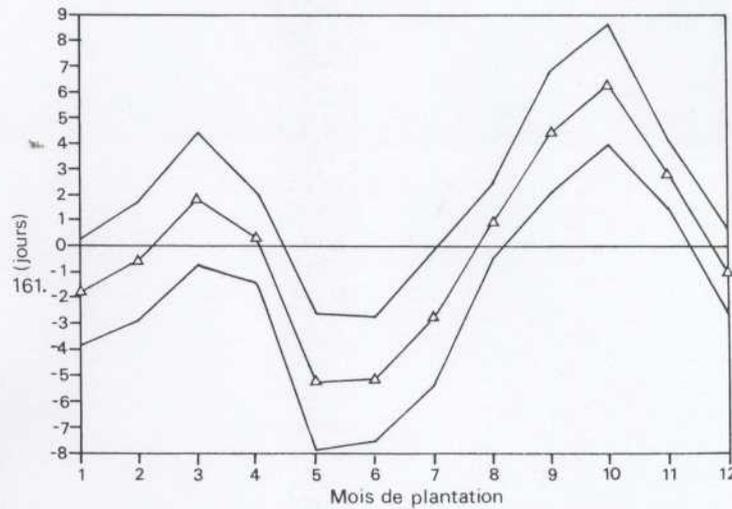


FIGURE 13 - Ecart entre l'ITR et l'ITR lissé sur 12 mois. Indication de l'intervalle de confiance (5 p. 100).

TABLEAU 6 - Relation entre le mois de l'induction florale et l'intervalle TIF-récolte.
Moyenne exprimée en jours.
Groupes homogènes constitués par test de Newman-Keuls à 5 p. 100.

Mois du TIF	Moyenne et I.C. (5 p. 100)		Groupes homogènes
juin	166.7	+/-3.3	A
mai	165.2	+/-2.8	A B
juillet	163.4	+/-2.4	A B C
novembre	162.3	+/-3.3	B C
avril	162	+/-2.2	B C
décembre	160.8	+/-2.6	B C D
octobre	160.7	+/-2.6	B C D
août	160.1	+/-2.3	C D
septembre	159.3	+/-2	C D
mars	158.6	+/-3.4	C D
janvier	156	+/-2	D
février	156	+/-2.6	D

florale permet de distinguer 4 groupes homogènes (tableau 6). La longueur de la phase TIF-récolte est maximale pour les inductions réalisées en mai, juin, juillet et minimale pour les inductions réalisées en janvier, février, mars. L'écart entre les ITR des mois de juin (durée maximale) et février (durée minimale) excède 10 jours.

Le modèle (2), appliqué à la variable ITR, permet d'analyser ces fluctuations saisonnières (figure 13). Deux pics apparaissent, l'un centré sur les plantations d'octobre (TIF de juin) ($X_{10} = +6j$), l'autre centré sur les plantations de mars (TIF de novembre) ($X_3 = +2j$) (figure 13). Deux minima se dégagent, correspondant aux plantations de décembre-janvier (TIF de août-septembre) ($X_1 = -2$) et mai-juin (TIF de janvier-février) ($X_5 = -5$). L'ITR moyen varie donc de 156 jours pour les TIF de février à 167 jours pour les TIF de janvier. L'écart entre l'ITR de parcelles induites en juin et l'ITR de parcelles induites en janvier ou février atteint donc 11 jours en moyenne.

Ces résultats sont sensiblement différents de ceux observés par TISSEAU (1968) et COMBRES (1979) pour lesquels les ITR moyens sont respectivement de 176 et 172 jours pour les TIF de juillet et de 158 et 153 jours pour les TIF de janvier-février. Ces études portaient respectivement sur 3 et 5 ans de plantations mensuelles. Par ailleurs les techniques utilisées étaient différentes, la longueur du cycle végétatif n'étant alors que de 6 mois. Les plus faibles poids de fruit obtenus par ces auteurs en raison de la longueur du cycle choisie peuvent être à l'origine des différences observées, l'ITR étant également fonction du poids du fruit (TEISSON, 1977).

DISCUSSION

Nous avons pu ici caractériser les fluctuations saisonnières du poids moyen du fruit ainsi que celles de certains paramètres biologiques liés au rendement ou à la qualité du fruit. La durée des observations (120 parcelles analysées sur 10 ans) a permis d'explorer une large gamme de conditions climatiques et de dégager ainsi certaines tendances caractéristiques en basse Côte d'Ivoire. A l'exception de l'extrait sec, les différents facteurs étudiés subissent de fortes variations saisonnières que nous avons pu quantifier

par rapport à la date de plantation. Contrairement à la pratique courante, il apparaît ainsi nécessaire de tenir compte du calage du cycle dans l'année pour gérer ce cycle et optimiser la productivité de la culture.

Les conclusions sont basées sur des résultats observés sur des cycles végétatifs de 8 mois. Toute modification de la longueur du cycle perturberait ces conclusions, en particulier en ce qui concerne le niveau de développement végétatif atteint au TIF et le poids du fruit. En ce qui concerne l'efficacité de la plante, ITR, ESS ou AC, la validité des résultats n'est pas remise en cause par une modification de la longueur du cycle mais il faut alors se rapporter à la date de l'induction florale ou à celle de la récolte.

Malgré les ambitions restreintes de cette étude, différentes conclusions peuvent être avancées :

- la date de plantation, en déterminant le calage du cycle de l'année, fixe les conditions de croissance que connaîtra la plante au cours de tout son cycle de développement. L'effet d'un facteur climatique donné n'ayant pas les mêmes effets selon la phase du cycle sur laquelle il s'applique, les potentialités de rendement offertes par les différentes saisons de plantation ne sont pas identiques. Sur le plan pratique, il apparaît ainsi nécessaire de tenir compte de la date de plantation dans toute prévision de rendement. Les différentes valeurs des composantes saisonnières établies ici peuvent servir de base au producteur pour moduler ces prévisions a priori. Pour viser un rendement constant au cours de l'année, il est nécessaire de faire varier la durée du cycle végétatif en fonction de la date de plantation.

Plus précisément, il faut distinguer l'effet de la date de plantation sur la croissance en phase végétative de celui sur l'efficacité de la plante. Ainsi, les plantations effectuées en juillet-août cumulent de faibles potentialités de croissance en phase végétative (faible poids du plant à 8 mois) et une faible efficacité (induction florale en mars-avril). Dans un prochain article (MALEZIEUX, LACOEUILHE, à paraître), on s'attachera à relier ces différences de fonctionnement du peuplement aux différentes séquences climatiques induites par la date de plantation.

■ les fortes variations saisonnières de l'acidité ont un déterminisme en grande partie connu : l'acidité du fruit dépend, pour une très grande part, du rayonnement global durant le dernier mois de fructification (TEISSON, 1979 ; MALEZIEUX, 1988). Cet effet est difficile à distinguer de celui de la température de l'air, source de variation également invoquée (HAMNER et NIGHTINGALE, 1946).

La nutrition minérale modifie aussi l'acidité du fruit. De fortes teneurs en potassium dans la plante permettent de l'élever (MARTIN-PREVEL *et al.*, 1961 ; GAILLARD, 1970 ; LACOEUILHE, 1978). La forme de l'engrais potassique joue également : l'utilisation du chlorure de potasse pendant une partie du cycle végétatif à la place du sulfate de potasse augmente l'acidité du fruit (GAILLARD, 1970 ; LACOEUILHE, 1978 ; MARCHAL, 1979).

Les courbes établies ici permettent de quantifier les variations de l'acidité en fonction du mois de l'année. Dans la perspective d'homogénéiser la qualité de la production au cours de l'année, les fluctuations saisonnières de l'acidité peuvent être en partie corrigées par l'application d'une fumure raisonnée (dose et forme de l'engrais potassique) en fonction de la date de récolte.

■ le déterminisme de l'extrait sec apparaît plus complexe : les fluctuations saisonnières sont diffuses et l'extrait sec dépend certainement d'un grand nombre de facteurs à la fois climatiques et physiologiques. LACOEUILHE (1976) et TEISSON (1979) font état d'une diminution de l'extrait sec lors d'une augmentation de l'ombrage. MARTIN-PREVEL *et al.*, (1961), TISSEAU (1963) relie au contraire les variations de l'extrait sec à l'intensité d'un stress hydrique. La nutrition minérale et plus particulièrement potassique influence aussi la teneur en sucres du jus à la récolte : l'extrait sec augmente avec les doses de potasse appliquées à la plante (LACOEUILHE, 1978 ; GAILLARD, 1970).

Dans tous les cas, les faibles variations observées sont certainement à relier au fait que l'extrait sec constitue un indice de maturité réelle du fruit, plus ou moins bien corrélé à la coloration de la peau. Néanmoins, dans des conditions plus froides (culture réalisée en Australie entre 23 et 27°C), la teneur en sucres du jus varie au cours de l'année entre 9,5 et 12,5°Brix (WASSMAN, 1989), se si-

tuant donc à des niveaux très bas par rapport à la Côte d'Ivoire.

■ la longueur de l'intervalle TIF-récolte résulte essentiellement du régime thermique (FLEISH et BARTHOLOMEW, 1987). En Côte d'Ivoire, en concordance avec les températures élevées et stables qui caractérisent les climats tropicaux humides, la durée de l'ITR est faible et relativement peu variable par rapport à d'autres zones de culture : à Hawaï, l'ITR varie de 180 à 255 jours lorsque l'altitude passe de 90 à 790 m (FLEISH, 1988). En Australie (South Queensland, 26-27°S), l'ITR moyen varie de 200 à 300 jours selon la période de l'année (WASSMAN, 1989).

Malgré les faibles variations observées en Côte d'Ivoire, la connaissance de l'intervalle TIF-récolte en fonction de la date de TIF est une composante importante pour la gestion de la production au sein d'une exploitation. Le mode de commercialisation de l'ananas en frais suppose en effet de pouvoir prévoir le tonnage récolté à 2 ou 3 jours près. Par ailleurs, toute modification par rapport à la date de maturation optimale entraîne une baisse de qualité du produit (coloration externe et maturation interne des fruits non satisfaisantes). On a pu montrer que les variations de l'ITR au cours de l'année excèdent largement la plage de variation acceptable. Les données exposées peuvent permettre au producteur de basse Côte d'Ivoire d'intégrer ces variations saisonnières de l'ITR dans le programme de prévision des récoltes.

CONCLUSION

Les différents résultats exposés ici permettent de caractériser les fluctuations saisonnières de quelques-uns des principaux facteurs rendant compte de la productivité et de la qualité de l'ananas dans les conditions de basse Côte d'Ivoire. Ces données peuvent fournir au planteur de Côte d'Ivoire des indications utiles pour mieux gérer le cycle de la culture en fonction du calage du cycle dans l'année.

Dans un article suivant, on analysera : 1) dans quelle mesure ces fluctuations saisonnières correspondent à des types de fonctionnement différents du peuplement végétal, 2) comment relier ces différences aux principales composantes du climat.

BIBLIOGRAPHIE

- COMBRES (J.C.). 1979.
Plantations mensuelles. Ecart TIF-récolte.
Réunion annuelle IRFA, doc. interne n° 97.
- FLEISH (H.) and BARTHOLOMEW (D.P.). 1987.
Development of a heat unit of pineapple (Smooth Cayenne) fruit growth from field data.
Fruits, 42 (12), 709-715.
- FLEISH (H.). 1988.
Modeling pineapple plant growth and inflorescence development.
Thesis of the University of Hawaii, 1988.
- GAILLARD (J.P.). 1970.
Recherche d'un équilibre K/N dans la production de l'ananas au Cameroun.
Fruits, 25 (1), 11-24.
- GODEFROY (J.), TISSEAU (Renée) et LOSSOIS (P.). 1972.
Evolution des propriétés agro-chimiques d'un sol ferrallitique de Basse Côte d'Ivoire sous culture d'ananas.
Comparaison avec une jachère.
Fruits, 29 (4), 255-267.
- GODEFROY (J.). 1975.
Evolution des teneurs des sols en éléments fertilisants sous culture d'ananas.
Caractéristiques chimiques des sols de Côte d'Ivoire.
Fruits, 30 (12), 749-756.
- HAMNER (K.C.) and NIGHTINGALE (G.T.). 1946.
Ascorbic acid contents of pineapples as correlated with environment factors and plant composition.
Food Res., 11, 535-541.
- LACOEUILHE (J.J.). 1976.
Contribution des feuilles vivantes pendant la phase de fructification à la croissance et au développement du fruit.
Réunion annuelle IRFA, doc. interne n° 10.
- LACOEUILHE (J.J.). 1978.
La fumure N-K de l'ananas en Côte d'Ivoire.
Fruits, 33 (5), 341-348.
- MALEZIEUX (E.). 1988.
Croissance et élaboration du rendement de l'ananas.
Thèse de doctorat en sciences. Institut National Agronomique Paris-Grignon (INA-PG), 282 p.

MARCHAL (J.). 1979.

Chlorure et sulfate de potasse en culture d'ananas.
Relations entre la composition minérale et les rendements
quantitatifs et qualitatifs.

Réunion annuelle IRFA, doc. interne n° 134.

MARTIN-PREVEL (P.), HUET (R.): HAENDLER (L.) et DUGAIN (F.). 1961.

Potassium, calcium et magnésium dans la nutrition de l'ananas
en Guinée.

Fruits, 16 (2), 49-56 ; (3), 113-123 ; (4), 161-180 ; (7), 341-351 ;
(11), 539-557.

PY (C.) et PELLEGRIN (P.). 1958.

Prévisions de récolte en culture d'ananas.

Fruits, 13 (6), 243-251.

TEISSON (C.). 1977.

Le brunissement interne de l'ananas.

Thèse de doctorat de l'Université d'Abidjan, 183 p.

TEISSON (C.). 1979.

Essais 519 et 549 : effets d'un ombrage excessif sur la qualité
du fruit.

Doc. IRFA non publié.

TISSEAU (Renée). 1963.

Variations de l'acidité et de l'extrait sec des jus frais d'ananas en
Basse Côte d'Ivoire au cours de la campagne 1962-1963.

Doc. int. IRFA, n° 4, 4 p.

TISSEAU (Renée). 1968.

Doc. interne IRFA.

WASSMAN (R.C.). 1989.

Effects of seasonal temperature variations on pineapple scheduling
for canning in Queensland.

Communication to Nelspruit, 1989.

Reçu en février 1991

Accepté en mai 1991

**ANALISIS DE LA VARIABILIDAD EN LOS RENDIMIENTOS
DEL CULTIVO DE LA PINA (*ANANAS COMOSUS* L. MERR.).**

**I.- Caracterización de las fluctuaciones estacionales del rendimiento
y de ciertos factores ligados a la calidad del fruto, bajo las
condiciones de Côte d'Ivoire.**

E. MALEZIEUX y J.J. LACOEUILHE.

Fruits, May-Jun. 1991, vol. 46, n° 3, p. 227-239.

RESUMEN - La incidencia de la fecha de siembra sobre el rendimiento,
sobre ciertos indicadores biológicos del funcionamiento de la población,
sobre el intervalo inducción floral - cosecha y sobre algunos
criterios que caracterizan la calidad del fruto fueron estudiados en
120 parcelas sembradas mensualmente durante 10 años en Côte
d'Ivoire.

Un «efecto estacional» fue cuantificado para cada uno de los parámetros
estudiados. Dentro de ciclos de duración igual, la ganancia
en la producción llega en promedio a 31 % cuando las plantaciones
son establecidas en marzo más bien que en julio. El crecimiento
vegetativo y la eficiencia de la planta (peso del fruto obtenido para un
mismo desarrollo vegetativo al momento de la inducción floral), son
influenciados significativamente por la ubicación del ciclo en el año,
al igual que la acidez del fruto y el intervalo inducción floral-cosecha.
Las variaciones estacionales del extracto seco son más leves y más
difusas.

Estos diferentes resultados permiten caracterizar las variaciones
estacionales de los parámetros importantes del cultivo de la piña
proporcionando así, referencias útiles al agricultor de la Baja Côte
d'Ivoire para manejar el ciclo del cultivo.

