

Observations sur un type de maturation anormale (pulpe jaune) de la banane avant la récolte

Ph. MELIN et B. AUBERT*

OBSERVATIONS SUR UN TYPE DE MATURATION ANORMALE (PULPE JAUNE) DE LA BANANE AVANT LA RÉCOLTE

Ph. MELIN et B. AUBERT (IFAC)

Fruits, dec. 1973, vol. 28, n°12, p. 831-842.

RESUME - Développement d'un doigt de banane, depuis le stade floraison jusqu'à celui de l'apparition du processus de maturation.

L'évolution différente observable selon que le fruit est séparé ou non de la plante, à un moment donné de son développement, conduit à ranger la banane dans la catégorie des fruits «climactérique». Ces derniers sont le plus souvent cueillis verts lorsqu'ils ont atteint une dimension estimée suffisante.

La pulpe jaune correspond à un décalage entre croissance diamétrale et déclenchement de la maturation au niveau de l'axe placentaire. Elle prend un caractère latent, lié probablement à des facteurs nutritionnels, et peut être aggravée à la suite d'influences climatiques défavorables. Certaines interventions comme le gainage, l'ablation du bourgeon mâle ou des fausses mains, ainsi que des apports de soufre ou de manganèse, permettent d'atténuer ce phénomène.

INTRODUCTION

Dans l'économie bananière de plusieurs pays, notamment celle du Cameroun et de l'Équateur, l'anomalie connue sous les termes de «pulpe jaune», «pulpa crema», «almendra crema», «green ripe», peut occasionner à certaines époques de l'année des pertes importantes. Les régimes, une fois récoltés, mûrissent trop rapidement pour subir un transport sur longue distance. Des lots entiers peuvent être éliminés en station d'emballage, ce qui prend quelquefois des proportions catastrophiques : on a enregistré en plantations camerounaises ou équatoriennes jusqu'à 20 p. cent de refus en moyenne dans l'année. Sur quelques secteurs plus particulièrement sensibles, 70 p. cent des régimes étaient rejetés à certaines saisons. Pour réduire les risques de mûrissage avant l'arrivée à destination, on est souvent conduit à récolter des fruits de faible calibre, par conséquent moins lourds, ce qui représente un manque à gagner substantiel.

Précisons toutefois que nous n'étudions ici qu'un cas particulier de «pulpe jaune», présent dans les zones peu ensoleillées des deux pays cités. Le même symptôme peut avoir d'autres causes comme celles décrites en Guinée par J. DUMAS et P. MARTIN-PRÉVEL (3, 4, 8), attribuées à un excès potassique, ou de fortes pertes de surface foliaire, comme celles dues à des sécheresses prolongées, à des atteintes graves de Cercosporiose, et même à des déséquilibres nutritionnels (le Bleu de Guinée).

Pour le cas présent des régimes atteints de «pulpe jaune», on n'observe jamais une évolution aussi rapide, mais simplement une réduction de la durée séparant la récolte de la maturité, de moitié environ par rapport à la normale.

On trouve ici un exposé de plusieurs résultats d'expérimentations et d'analyses concernant le problème de la «pulpe jaune» en climat tropical. Il a paru utile de le faire précéder de quelques données relatives au développement et à la physiologie du fruit avant et après la coupe. Ceci afin de faire ressortir les modes d'action possibles du climat, de la nutrition minérale, ou de tout autre facteur éventuel.

Les recherches entreprises depuis plusieurs années sur ce problème, tant au Cameroun qu'en Équateur, ont abouti à plusieurs éléments de solution dont il sera fait état plus loin.

DÉVELOPPEMENT DU FRUIT DU BANANIER

Une inflorescence de bananier comprend trois sortes de fleurs : des fleurs dites mâles, des fleurs dites neutres et des fleurs dites femelles (figure 1). Les premières, groupées à l'extrémité du rachis, constituent le bourgeon mâle. Les « fleurs neutres » peuvent être plus ou moins abondantes suivant les cultivars, elles se dessèchent le plus souvent au bout de quelques temps et forment un manchon brunâtre autour du rachis. Seules les « fleurs femelles » évoluent normalement à fruit. Ces dernières sont formées d'un ovaire allongé constitué par la soudure de trois carpelles de forme plus ou moins triangulaire en coupe transversale (figure 2). Un court périlanthe comprenant cinq segments soudés et un segment libre surmonte cet ovaire (figure 3). Quelques semaines après la floraison, ces pièces se dessèchent également alors que l'ovaire continue son développement par induction parthénocarpique.

Dans le tout jeune fruit, la cavité ovarienne se compose de trois loges (une pour chaque carpelle). Chacune d'elles présente des ovules rangés sur deux lignes au niveau de l'axe placentaire. Ces ovules à placentation axile avortent et prennent par la suite l'aspect de petits points noirs dans le fruit. Dès la jetée de la fleur, des cellules des parois ovariennes prolifèrent et engendrent un tissu qui prendra de plus en plus d'importance au cours du développement du fruit : il s'agit de la pulpe.

On peut considérer qu'au moment du redressement des mains sur le régime, la multiplication cellulaire ne subsiste plus guère que dans la région sous-épidermique. La croissan-

ce du fruit se fera désormais par élongation des cellules déjà formées.

Un mois environ avant la récolte, le fruit coupé dans son sens transversal (figure 4), laisse apparaître une pulpe blanche sur laquelle se détachent trois filaments jaunes au niveau des axes placentaires. Quelques faisceaux vasculaires apparaissent également ainsi que des ovules avortés. Il est possible de distinguer encore les cloisons ovariennes.

Si le fruit est observé en coupe longitudinale, toujours au même stade de développement, suivant l'un des axes AA' ou BB' (figure 4 B) la pulpe se présentera en deux parties bien distinctes. Sur le côté interne (petite courbure) elle est blanche et ferme, alors que sur le côté externe (grande courbure) elle est jaune et grumeleuse. Dans ce cas, la coupe se situe juste au niveau d'un axe placentaire.

A ce stade il est difficile de suivre l'un des axes sur toute sa section. Comme le plus souvent la coupe est légèrement oblique, la plage jaune n'apparaît que localement.

Les graines d'amidon de la région blanche sont gros et leur contour bien défini, alors que sur l'axe placentaire ils sont presque deux fois plus petits. Leur forme irrégulière et estompée signale qu'ils sont soumis à un début d'hydrolyse. L'âge du fruit est d'environ 70 jours. La section transversale est encore « maigre », le grade n'a que 30 mm. Le fruit présente un aspect anguleux.

Environ 90 jours après la floraison, le grade a atteint 32-34 mm si les conditions agroclimatiques sont favorables. Le régime est prêt à être récolté. En coupe transversale (figure 5 A), on constate un gonflement de la zone placentaire, laquelle déborde maintenant sur une bonne partie de

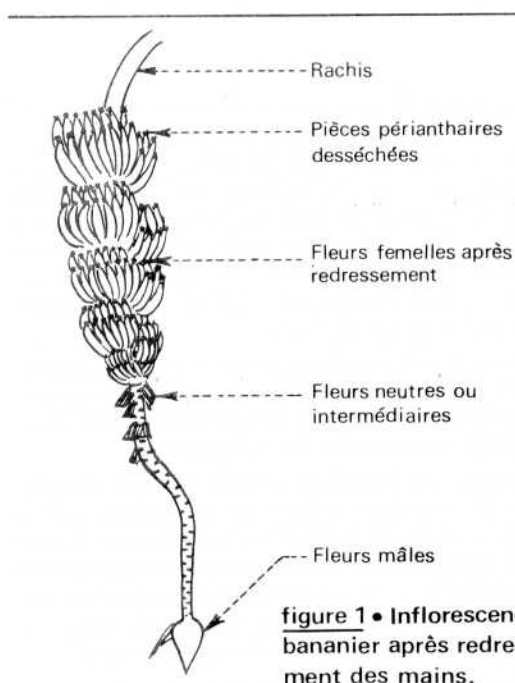


figure 1 • Inflorescence de bananier après redressement des mains.

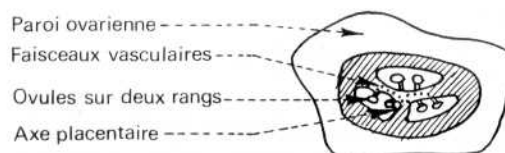


figure 2 • Ovaire en coupe transversale.

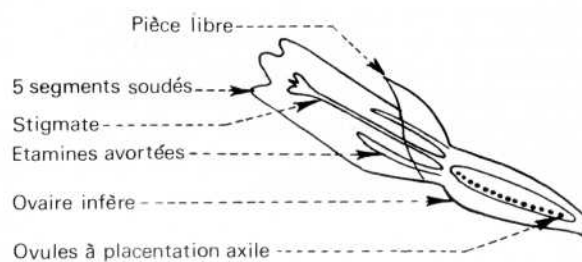
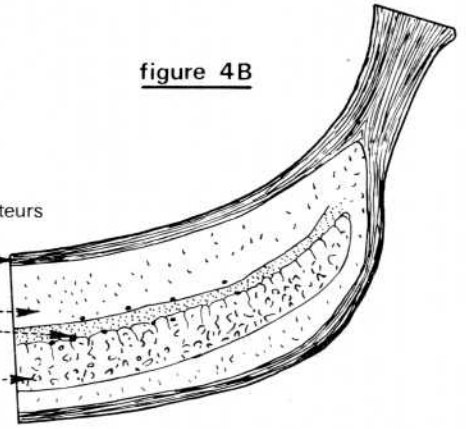
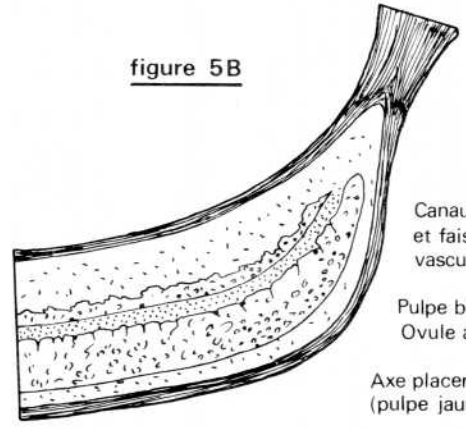
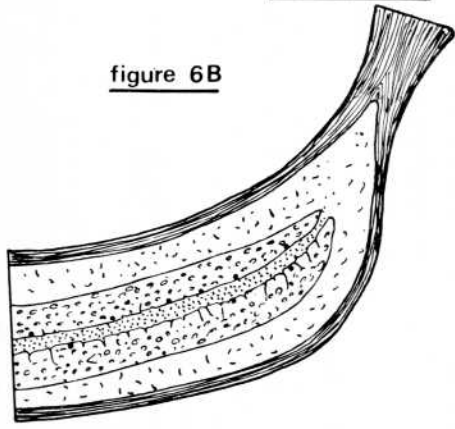
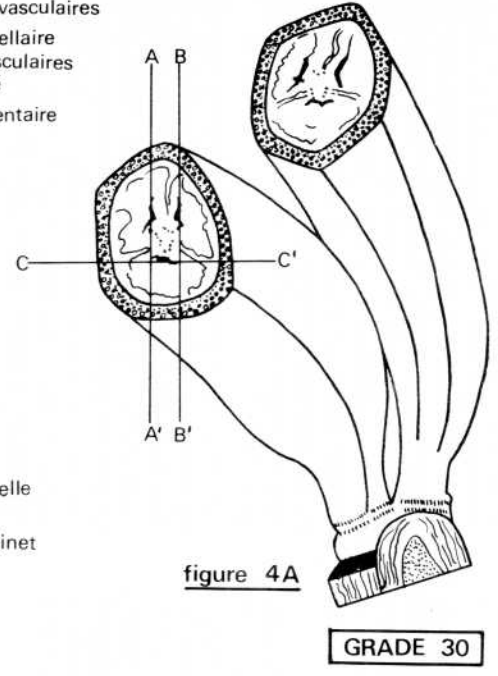
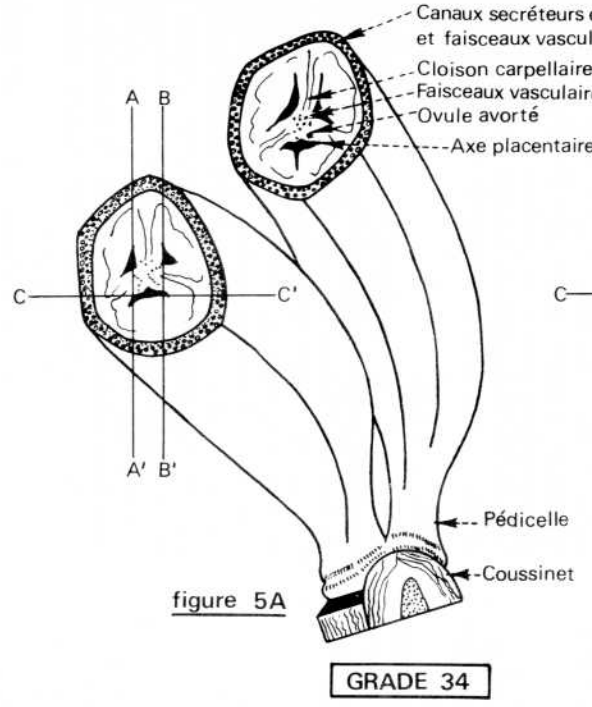
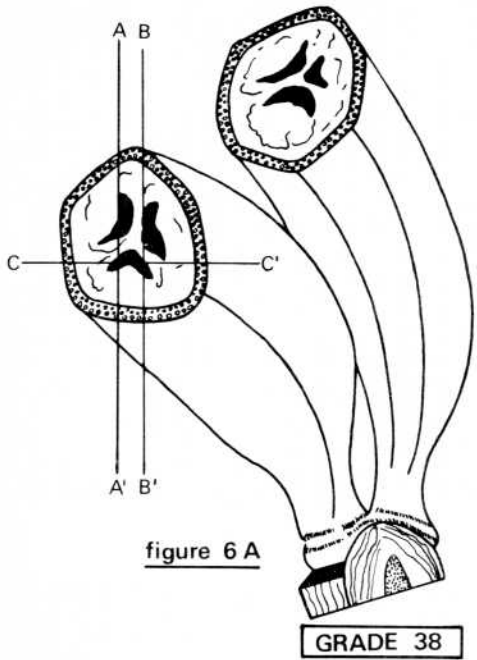


figure 3 • Fleur femelle.



la pulpe. Dans le sens longitudinal (figure 5 B), un début de coloration jaune apparaît sur le côté interne. En effet les plans de coupe AA' ou BB' rencontrent désormais la zone placentaire définie selon l'axe CC'.

La couleur mesurée avec l'échelle de DEULLIN (voir troisième partie, «Expérimentation en champs») atteint la valeur 2 sur la partie blanche et 4 à 6 sur la partie jaune. C'est à ce moment que le fruit est à même de subir un transport sur longue distance en cale réfrigérée. Il présente alors les meilleures qualités marchandes.

Lorsque le grade est voisin de 38 mm, les axes placentaires devenus jaune foncé, peuvent occuper le quart de la section transversale du fruit (figure 6 A). En coupe longitudinale, cette coloration apparaît de façon identique sur les deux côtés, avec une couleur atteignant 8 dans l'échelle DEULLIN. La zone blanche ne subsiste plus que dans la région épidermique, elle a elle-même atteint la couleur 4. Dans ce cas l'âge du régime est d'au moins 110 jours en conditions tropicales favorables. Le fruit est trop voisin de la pleine maturité pour être exporté.

Il arrive accidentellement qu'une telle coloration de pulpe apparaissent sur le fruit n'ayant atteint qu'un grade compris entre 32-34 mm, on a alors affaire au phénomène de «pulpe jaune».

On remarquera qu'une notation rigoureuse de la coloration devrait faire intervenir la notion de surface relative présentant une échelle de couleur donnée. Dans la pratique, ce critère n'a pu être utilisé systématiquement.

PHYSIOLOGIE DU FRUIT DU BANANIER

Fruit coupé.

La banane encore verte arrivée au «point de coupe» se caractérise sur le plan physiologique par une faible respiration : environ 60 mg de CO₂ dégagé par kg de fruit frais et par heure en conditions tropicales (25°C et 85 p. cent d'humidité relative).

La teneur en gaz carbonique de la pulpe reste faible et celle en oxygène relativement élevée (14, 15, 16, 17).

Plusieurs auteurs pensent aujourd'hui que les transformations qui surviennent dans le fruit après sa séparation de la plante proviendraient d'une suppression brutale de son alimentation en eau (7, 13).

L'hydrolyse des hydrates de carbone, génératrice d'eau, interviendrait à ce moment pour compenser un déséquilibre hydrique incompatible avec la vie cellulaire. Chez de nombreux fruits, ce processus apparaît au moment où un tissu d'abscission se développe sur le pédicelle. Les faisceaux vasculaires avoisinant se nécrosent ou s'obstruent alors progressivement. Dans d'autres cas (banane, avocat, plusieurs variétés de poires), ces transformations n'apparaissent qu'après la cueillette. Le fruit laissé sur la plante tend à ne pas évoluer de la même façon que lorsqu'il en est séparé. Ces fruits sont dits «climactériques», parce qu'ils subissent, quelques jours après la coupe, une «crise respiratoire», laquelle précède immédiatement l'obtention de la pleine

maturité.

Ainsi le dégagement de CO₂ d'une banane passe en 24 h de 60 à 280 mg par kg de fruit frais et par heure dans les conditions précitées. Ces changements du métabolisme surviennent d'abord dans la zone placentaire, puis s'étendent à l'ensemble de la pulpe en empruntant les agrégats de tissus vasculaires, localisés en grande partie dans la région des sutures carpellaires. La grande quantité de CO₂ libérée entraîne une chute brutale de la teneur en oxygène, ainsi qu'une augmentation de la température du fruit. On observe dans le même temps une élévation de la transpiration (2, 6, 15, 16).

Environ 48 heures après le pic climactérique, le dégagement de CO₂ diminue et se stabilise vers 160 mg par kg de fruit frais et par heure. On note une légère remontée de la concentration en oxygène à la suite d'une inactivation partielle du métabolisme oxydatif. Des réactions secondaires anaérobies apparaissent dans les cellules, conduisant à la formation d'arôme. En même temps le fruit se ramollit. La chlorophylle disparaît dans la peau. Les carotènes et xanthophylles résiduels donnent à l'épiderme sa coloration jaune. La teneur en amidon diminue tandis que s'enrichit la teneur en sucre. Le fruit acquiert ses qualités comestibles (5, 14).

Fruit non coupé.

En général, passé un délai de 90 jours après la floraison, la teneur en matière sèche, qui était jusqu'ici en augmentation constante, se stabilise. Il en va de même de la teneur en amidon. La «dormance préclimactérique» est définitivement levée au niveau des axes placentaires, quelle que soit apparemment la dimension atteinte par le fruit. Ce stade correspond plus ou moins à celui de la maturité de la graine (13, 15). Les changements de métabolisme cellulaire sont probablement sous la dépendance d'une action hormonale et restent mal connus. Ils semblent se produire plutôt à la suite d'une «maturité physiologique», qu'après acquisition par le fruit d'un volume donné. Cette maturité coïnciderait avec le vieillissement de la plante.

L'évolution comparée d'un régime de banane restant sur pied au-delà du stade récolte et d'un régime coupé 80 jours après la floraison est donnée sur la figure 7. Les valeurs sont empruntées aux auteurs cités précédemment.

Il apparaît nettement que si le régime reste sur la plante, la progression centrifuge du processus de maturation sera lente. La crise climactérique est inexistante ou presque. La synthèse des sucres (glucose et fructose) se manifeste progressivement. L'activité respiratoire ne connaît pas d'augmentation brutale. Le gradient de pression osmotique qui s'établit entre l'axe placentaire et la périphérie du fruit entraîne un appel d'eau vers le centre de la pulpe, conduisant à un éclatement de la peau. Les doigts mûrissent de façon désordonnée.

On conçoit que pour une production destinée au transport sur longue distance, il importe d'obtenir une croissance diamétrale du fruit (remplissage) qui ne soit pas en retard sur l'apparition du processus responsable de la maturation.

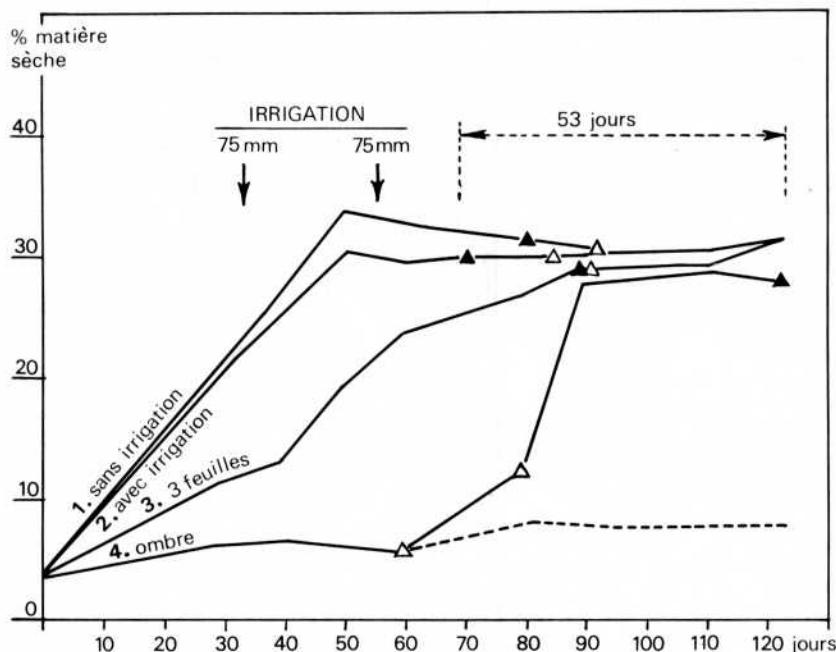


figure 7 • Evolution de la matière sèche dans la pulpe de banane sur des plants soumis à différents traitements.

1. Parcelle non irriguée.
2. Parcelle irriguée.
3. La plante ne conserve que ses trois dernières feuilles au moment de la floraison.
4. 2/3 de la lumière supprimés.

▲ Apparition du grade commercial : 30 mm.
 △ Virage sensible de la couleur de la pulpe dans la zone placentaire correspondant à la limite acceptable pour l'exportation.

Les plants recevant 1/3 de la lumière du jour n'ont laissé se développer que les deux premières mains. La courbe en pointillés représente l'évolution des mains inférieures.

Le problème de la « pulpe jaune » pourra être envisagé :

- soit comme un dérèglement de métabolisme déclenchant une maturation avancée,
- soit comme un retard de végétation ne permettant pas au régime d'atteindre un degré de remplissage suffisant avant que ne soit amorcé le processus de maturation.

En fait les deux points de vue se complètent. Parmi les interventions destinées à réduire l'anomalie, certaines ont pour but d'accélérer le remplissage d'autres de retarder la maturation. On verra ci-après que dans les deux cas des résultats positifs ont été obtenus.

EXPÉRIMENTATION EN CHAMP

Dans les études qui suivent, la mesure de la couleur de la pulpe a été effectuée à l'aide de l'échelle DEULLIN. C'est une carte plastifiée portant huit plages rectangulaires (4 x 1,8 cm) de teinte passant du crème clair au jaune foncé, numérotées de 2 en 2. L'échelle des valeurs va de 2 à 16. Chaque plage est pourvue d'une fenêtre centrale de 1,8 x 0,7 cm permettant la comparaison directe avec la couleur de la pulpe à un endroit choisi de la section longitudinale. L'appréciation a lieu sur coupe fraîche à la lumière du jour. La notation est obtenue en ajoutant la valeur de la couleur mesurée dans la zone marginale avec celle mesurée dans la zone placentaire. Plus le chiffre est élevé, plus la pulpe est jaune.

L'appréciation du calibre a lieu à l'aide d'une série de cinq plaquettes munies d'une échancrure graduée pouvant

recevoir un doigt de banane. Les graduations de 2 en 2 mm vont de 30 à 38 mm.

Expérience réalisée en Équateur : essai d'obtention artificielle de la pulpe jaune.

Une série d'expérimentations visant à provoquer un déséquilibre physiologique au moment de la floraison pour obtenir artificiellement des fruits à pulpe jaune, fut conduite comme suit :

En janvier 1967, 200 souches de 'Poyo' de 12 à 15 kg étaient mises en plantation. Le développement de la parcelle a été normal et homogène jusqu'à la floraison, époque à laquelle nous avons pratiqué les traitements qui suivent, sur des carrés de 15 bananiers :

- 1 - parcelle non irriguée, toutes autres conditions étant normales (la saison sèche en Équateur s'étend de mi-juin à décembre).
- 2 - parcelle irriguée à raison de 75 mm par mois, toutes autres conditions étant normales.
- 3 - défoliation totale ne laissant que les feuilles les plus récentes I, II et III ; pas d'irrigation.
- 4 - suppression des deux tiers de la lumière incidente par construction d'une grande ombrière en bambou. Le taux d'ombrage est ajusté à l'aide d'un luxmètre. Parcelle non irriguée.
- 5 - suppression des racines dans un secteur représentant le quart de la surface au sol à l'aplomb de la plante, sur 60 cm de profondeur. Parcelle non irriguée.

N° traitement	Plantation		Floraison		Récolte		
	date de plantation	date probable de différenciation	date de floraison	traitement à la floraison	poids moyen du régime et caractéristique	écart fleur-coupe	qualité des fruits
1	18/1/67	20/4/67	23/7/67	parcelle sèche	35 kg, 10 mains 193 doigts	110 jours	normal
2	18/1/67	20/4/67	20/7/67	parcelle irriguée	41 kg 11 mains 209 doigts	100 jours	normal
3	18/1/67	20/4/67	22/7/67	ablation des feuilles au-delà du rang III	18 kg 10 mains 186 doigts	120 jours	pulpe jaune
4	18/1/67	20/4/67	21/7/67	ombrage	6 kg 10 mains 191 doigts	145 jours pour 1ère et 2ème mains 180 jours pour autres mains	pulpe jaune

Chaque carré était séparé par quatre lignes de bordure. Dans chacun d'eux, les deux plantes ayant les dates de floraison les plus voisines ont été retenues pour l'étude comparative des fruits. Le tableau 1 donne les dates moyennes de différenciation, floraison et récolte pour les carrés 1, 2, 3 et 4. La suppression d'une partie du système d'enracinement ne s'est pas traduite, même en l'absence d'irrigation, par un effet particulier sur la maturation du fruit (carré 5), probablement en raison d'un système d'enracinement exceptionnellement profond (sol d'origine alluviale de Pichilingue). (1).

Dès l'émission de l'inflorescence, un doigt médian (interne ou externe) est prélevé tous les 10 jours alternativement sur la première et la deuxième main. On mesure la teneur en matière sèche de sa pulpe. Ce type d'échantillonnage ne semble pas avoir de répercussion sur les mains intéressées, sauf peut-être dans le cas du traitement 4 où seules les deux premières mains évoluent différemment des suivantes à partir du 60^{ème} jour (figure 8). On note par ailleurs sur les moitiés «externe» et «interne» du fruit coupé longitudinalement, la date d'apparition de la couleur jaune 6 dans l'échelle DEULLIN (limite d'aptitude du fruit au transport sur longue distance), ainsi que la date d'obtention du grade commercial.

Si l'on prend comme critère de remplissage l'évolution de la teneur en matière sèche, on remarque (figure 8) que l'ablation des feuilles au-delà du rang III et surtout l'ombrage ralentissent très nettement le grossissement du fruit dans les quarante premiers jours qui suivent la floraison. Pour ces traitements, le changement de couleur de la pulpe survient, soit en même temps (traitement 3) soit avant (traitement 4) l'obtention du grade commercial. Ce qui revient à dire que

le phénomène de pulpe jaune a été provoqué artificiellement de façon plus ou moins intense.

Les résultats qui précèdent montrent que l'activité photosynthétique joue un rôle déterminant sur la vitesse de remplissage du fruit. Dans le cas de l'ablation dont les effets sont moins marqués, on peut penser à un phénomène compensatoire tendant à stimuler la synthèse et la migration des assimilats au niveau des surfaces foliaires restantes. Cette réaction a pu être démontrée sur diverses plantes.

Dans la pratique les dégâts occasionnés par la pulpe jaune sont plus sévères à la sortie d'une période très nuageuse (cas notamment des climats équatorien et camerounais), que par suite uniquement d'une atteinte à la surface foliaire (attaque de *Cercospora*). Il n'est pas exclu a priori que les deux causes puissent agir simultanément. Dans le second cas toutefois on note l'apparition de régimes «tournants».

On remarquera par ailleurs que le changement de couleur au niveau de la zone placentaire a lieu 90 jours après la floraison, même si le grade du fruit est encore à ce moment très peu développé (traitement 4). Cette constatation montre l'importance qu'il faut attacher à la connaissance précise de l'âge du fruit au moment de la coupe (intervalle fleur-coupe : IFC), le grade à lui seul ne constituant pas un critère suffisant.

L'expérience qui précède a permis de dresser un premier schéma séquentiel des symptômes en faisant intervenir deux facteurs : surface foliaire et éclaircissement. Le déficit hydrique n'a pas atteint le seuil critique escompté au départ. Enfin un domaine est resté inexploré, celui de l'équilibre minéral dont on sait qu'il peut intervenir à différents niveaux du métabolisme et donc influencer non seulement sur la croissance en général, mais aussi sur certaines réactions enzymatiques.

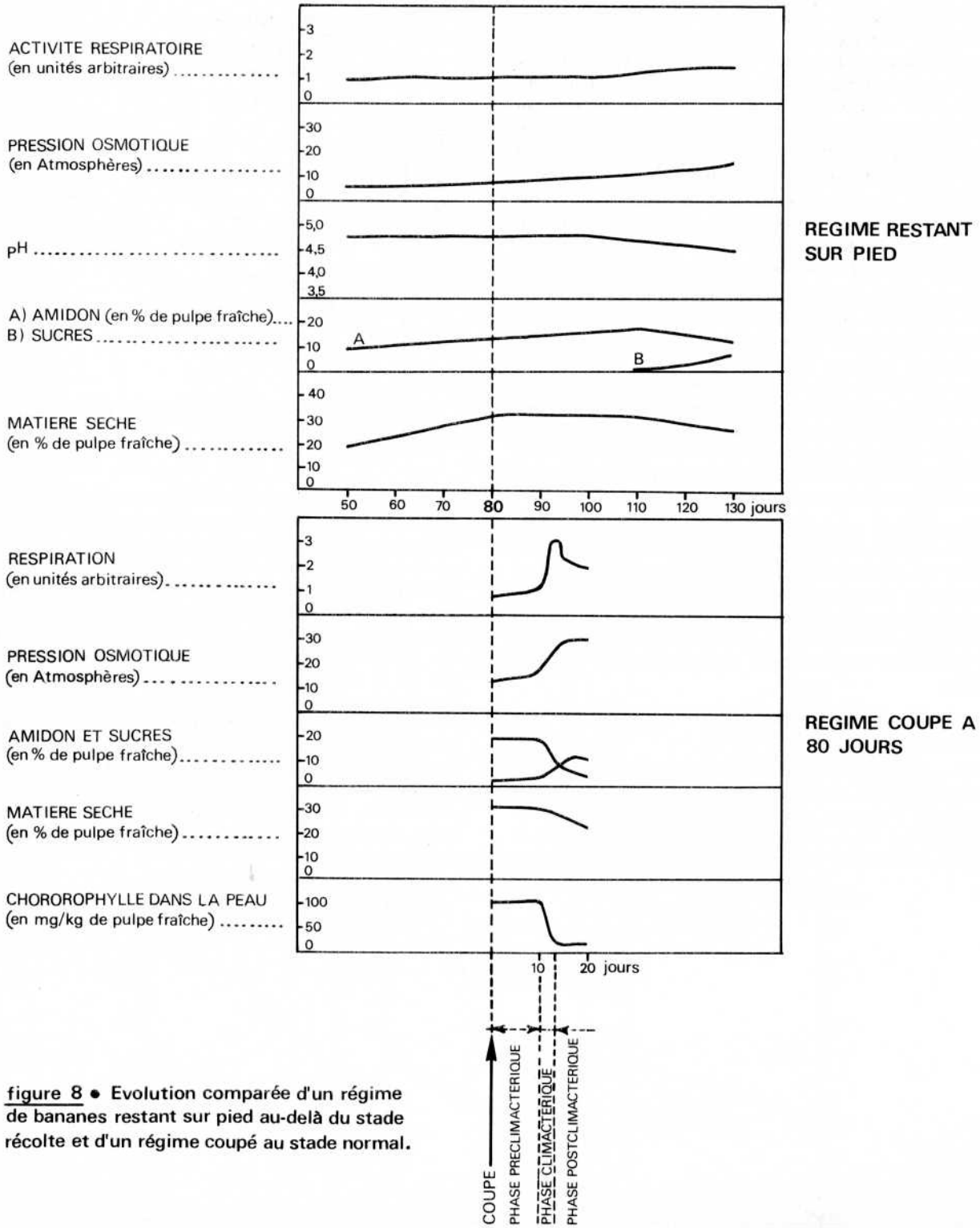


figure 8 • Evolution comparée d'un régime de bananes restant sur pied au-delà du stade récolte et d'un régime coupé au stade normal.

Relation avec l'intervalle floraison-récolte.

A la suite de l'expérience réalisée en Équateur, on a cherché s'il existait au Cameroun, une relation entre la coloration d'un régime et le temps qu'il met à atteindre un grade normal de coupe. Dans un essai factoriel NPK (3 x 2 x 3) comprenant 1260 pieds observés et conduits sur trois cycles de culture à la Station IFAC de Nyombé au Cameroun, tous les régimes ayant un intervalle floraison-récolte compris entre 75 et 115 jours ont été répartis en huit classes suivant la durée de cet intervalle.

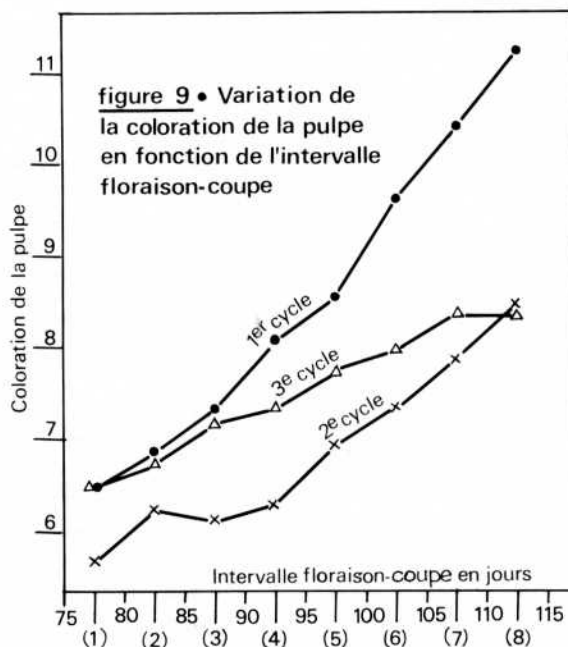
Les huit classes sont portées sur la figure 9 qui donne également les moyennes de coloration de pulpe pour chacune de ces classes. On peut constater que l'intervalle floraison-coupe: (IFC) croît dans le même sens que la pigmentation.

Tous les facteurs qui tendent à ralentir le remplissage du fruit augmentent donc les risques de pulpe jaune. Malheureusement, ces facteurs n'ont pu être isolés clairement. Seule l'action de l'azote a bien été mise en évidence. Dans le même essai NPK déjà cité, la coloration, l'écart floraison-récolte et le poids des régimes, augmentent avec les doses croissantes de N (figure 10) : N0 = 0 g de N ; N1 = 150 g de N ; N2 = 300 g de N, par pied et par an). Faut-il pour autant rechercher l'origine de la pulpe jaune uniquement parmi les facteurs qui augmentent l'intervalle floraison-récolte.

Le problème est probablement plus complexe. Ainsi les figures 9 et 10 montrent qu'à intervalles de floraison-récolte égaux, les pigmentations sont moins marquées au second cycle qu'au premier, et que c'est au troisième cycle qu'elles sont le plus prononcées. Il existe donc des actions directes sur la maturation, sans qu'il y ait modification de la durée de l'évolution dimensionnelle entre floraison et stade de récolte.

Effets de techniques modifiant le régime ou son environnement.

En partant de la constatation que la pulpe jaune pouvait être liée à l'IFC, on pouvait supposer que toute technique empirique diminuant cette durée diminuerait également la pigmentation. Plusieurs expérimentations ont été faites à la Station de Nyombé avec cet objectif. Bien qu'elles soient



extrêmement simples par leurs traitements, leur méthodologie est assez délicate. En effet, pour être valables, les comparaisons devraient porter sur des bananiers très semblables par leur passé végétatif et ayant toutes chances de donner des régimes de mêmes caractéristiques, évoluant de la même façon. A l'IFAC, pour des études du même type, on repère dans une population homogène les bananiers qui sortent leur inflorescence le même jour, et on ne retient que celles qui ont le même nombre de mains. On est très heureux quand on a une ou deux séries par date, chaque série ayant le nombre de bananiers nécessaires pour le nombre de traitements prévus. Les séries vont se succéder dans le temps et constitueront des répétitions. Évidemment, on ne retient que les séries sur une période assez courte et pendant une même saison. Dans une série, chaque régime est récolté à un grade déterminé, constant. Les observations détaillées sont réalisées à la récolte.

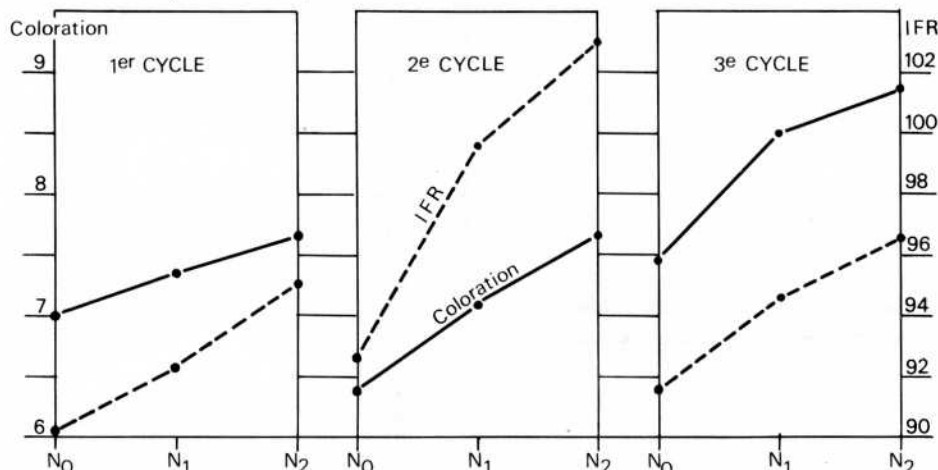


figure 10 • Moyennes des colorations et intervalles floraison-récolte en fonction des traitements azotés.

Une première étude portait sur le gainage du régime sous polyéthylène (G), la coupe du bourgeon mâle (C) et l'ablation de la dernière main complète (A) ; la comparaison était faite avec des témoins T dont le régime restait intact et non gainé. Cependant, toutes les inflorescences subissaient ce qu'on appelle l'épistillage, qui consiste à enlever vers 20-25 jours après floraison les vestiges floraux à l'apex des fruits. Cet essai a été poursuivi sur deux cycles (ou récoltes) successifs.

Les résultats peuvent se résumer ainsi :

	premier cycle		deuxième cycle	
	IFC	couleur	IFR	couleur
T	117 jours	7,9	114 jours	9,3
C	114	7,8	112	9,5
CG	108	7,6	106	7,6
CGA	105	7,3	106	7,5

Le second essai était très simple ; chaque série comportait trois régimes dont l'un n'était pas gainé (T), mais les deux autres étaient ensachés de polyéthylène à la date normale, c'est-à-dire environ 25 jours après le début de la floraison ; pour l'un, la gaine était fermée partiellement en-dessous du régime (GP) ; pour l'autre, elle était fermée totalement (GT), ce qui créait une atmosphère plus confinée. Toutefois, pour éviter les asphyxies totales, dans les deux cas, on laissait une petite ouverture au-dessus du régime. On peut symboliser ces deux traitements par GP et GT. On a obtenu les résultats suivants :

	IFC	couleur pulpe
T	116 jours	11,6
GP	109	9,5
GT	107	8,7

La troisième expérience tend à mieux définir le rôle isolant de la gaine ; on compare au témoin T, trois épaisseurs de polyéthylène A = 4 centièmes de mm ; B = 8 centièmes de mm ; C = 12 centièmes de mm. L'aération est assurée par l'ouverture de la base des gaines. Ce qui donne :

	IFC	couleur pulpe
T	116 jours	10,5
A	111	9,8
B	110	9,6
C	109	9,7

Le dernier essai a été loin dans l'excès, pour la suppression des mains de bananes, ceci pour confirmer ou infirmer une première indication obtenue précédemment. Le témoin T est laissé intact. Dans un traitement A, l'ablation est sévère et ne laisse que les deux premières mains. En B, on supprime les trois dernières mains complètement. Dans un

quatrième traitement (TS), on coupe également les trois mêmes mains, mais on laisse un seul fruit intact à la dernière d'entre elles, qui joue le rôle de tire-sève.

Les résultats obtenus montrent que dans le cas le plus extrême (A), on a effectivement une récolte rapide et sans pigmentation de la pulpe :

	IFC	couleur pulpe
T	110 jours	9,5
A	96	7,0
B	103	9,0
TS	102	8,9

Dans cette série, deux constatations principales sont à retenir : d'une part, la suppression d'une partie de l'inflorescence diminue la durée de l'intervalle fleur-coupe et la pigmentation de la pulpe et cet effet est d'autant plus perceptible que l'ablation est plus sévère. Cela signifie qu'il existe un déséquilibre entre le potentiel de la plante (nutritionnel ou autre) et la masse des fruits qui doivent compléter leur croissance. Une diminution de cette masse permet une meilleure utilisation des substances disponibles.

D'autre part, le gainage agit par des processus mal connus ; on sait que dans d'autres conditions climatiques, c'est la régularisation de la température et son maintien à un niveau plus élevé que celui de l'ambiance qui accélère le grossissement du fruit. Cet effet peut exister dans les conditions de Nyombé, mais est difficile à déceler. On peut également supposer que la composition de l'air entourant le régime est modifiée et que les concentrations en gaz de part et d'autre de l'épiderme seront moins différentes que lorsque le régime n'est pas ensaché. Il peut y avoir ralentissement des phénomènes de maturation au niveau de la zone placentaire. Dans le second essai, pour une réduction d'intervalle floraison-récolte de 9 jours, on observe une diminution très importante de la couleur de 2,9 points : la gaine était fermée à la base. Il apparaît donc que l'on agit simultanément sur un gain du temps nécessaire au grossissement du fruit et sur un ralentissement de l'évolution de la pulpe. Il ne serait pas impossible que la température soit liée au premier fait, l'atmosphère modifiée au second. Mais ce sont des hypothèses que ces essais en champ ne peuvent permettre de vérifier.

Le rôle du soufre.

Dans les sols de la région du Mungo où se trouve la Station de Nyombé, le calcium échangeable est assez abondant et des apports de soufre, en diminuant le pH, entraînent un abaissement des teneurs en Ca. Les déséquilibres Ca/Mg ou Ca/K sont de ce fait atténués. Non seulement la croissance est meilleure, mais la coloration de la pulpe est également moindre.

Un premier essai en champ avait pour objectif l'étude de l'influence de diverses formes d'engrais azotés et du soufre qu'ils pouvaient contenir ou qu'on leur ajoutait (programme commun avec J. CHAMPION et P. MARTIN-PRÉVEL).

Les résultats obtenus sont les suivants :

	premier cycle		deuxième cycle	
	IFC	couleur pulpe	IFC	couleur pulpe
1 - urée appliquée au sol	112 jours	11,3	109,9 jours	10,8
2 - sulfate d'ammoniaque appliqué au sol	112	10,9	103,8	10,3
3 - nitrate d'ammoniaque appliqué au sol	116	11,8	109,8	11,0
4 - urée en pulvérisation foliaire au premier cycle urée et soufre en fleur au sol au deuxième cycle	117	11,5	105,8	10,5

On pouvait remarquer de légères actions positives de la présence de soufre (traitements 2 et 4). En particulier, l'apport de soufre en second cycle pour le traitement 4 paraissait avoir une influence immédiate.

Un second essai était mis en place selon une technique préconisée par J. CHAMPION comme procédé exploratoire : des apports excessifs (comparativement aux habitudes agronomiques) des divers éléments. Ainsi, on apportait à des bananiers 500 g de soufre au premier cycle et 500 g au second cycle, les parcelles témoins ne recevant rien. Les fumures étaient normalement assurées pour les autres éléments.

Les résultats suivants ont été observés sur trois cycles successifs :

	premier cycle		deuxième cycle		troisième cycle	
	IFC	couleur	IFC	couleur	IFC	couleur
témoin sans soufre	106 jours	9,2	115 jours	10,4	116 jours	12,7
traitement avec S	103	9,1	111	9,8	111	11,5

L'effet ne se fait pas sentir au premier cycle, les apports ayant été faits tardivement au stade pré-floral. Il se révèle aux cycles suivants et plus nettement à la dernière récolte, avec une différence de 1,2 point de l'échelle de couleur de pulpe.

Dans une troisième expérimentation mise en place en 1971, certains traitements permettent de comparer au témoin sans soufre, les apports de cet élément à raison d'un kilogramme par bananier, appliqué en six fois. Les différences au premier cycle sont les suivantes :

	IFC	couleur pulpe
témoin	105 jours	9,2
soufre	100	8,5

ce qui confirme les premières indications. Des apports de soufre contribuent donc à diminuer l'intensité du jaunissement de la pulpe.

Influence de l'apport de manganèse.

Sur des sols pourtant bien pourvus en cet élément, les teneurs contenues dans les bananiers dont les fruits présentent de la « pulpe jaune » sont particulièrement faibles. P. MARTIN-PRÉVEL a montré que les apports de soufre permettent une meilleure absorption du manganèse. On peut donc penser que l'effet positif des apports de soufre sur la coloration de la pulpe est peut-être lié avec la capacité d'utilisation du manganèse. Ceci est apparu dans le traitement 4 soufre de l'essai précédemment cité des excès minéraux.

Une première expérience d'apport de manganèse au sol n'avait donné aucun résultat positif. Un second essai fut

installé en procédant à des pulvérisations sur le feuillage sous forme de sulfate de manganèse d'une part, de manèbe de l'autre. Ce dernier produit est un fongicide, dithiocarbamate, contenant du manganèse. La technique de pulvérisation peut éviter un blocage de l'élément au niveau sol, par suite de l'excès de calcium qui y est présent.

On a étudié les traitements suivants :

- 1 - témoin sans apport de manganèse,
- 2 - une application sur les bananiers âgés de quatre mois,
- 3 - une application sur les bananiers âgés de cinq mois,
- 4 - une application sur les bananiers à l'émission florale,
- 5 - deux applications, l'une à quatre mois, l'autre à cinq mois,
- 6 - trois applications à quatre mois, cinq mois, et à l'émission florale

et pour chaque traitement, des sous-parcelles recevaient, l'une du sulfate de manganèse en solution aqueuse à 10 p.

cent (5 g de Mn par plante et par application), l'autre du manèbe 80, en solution aqueuse à 6 p. cent (même dose de 5 g/plante et par application).

Voici le bilan des observations :

	sulfate de manganèse		manèbe 80	
	IFC	couleur	IFC	couleur
1	116,4 jours	12,6	115,5 jours	12,3
2	111,7	11,1	110,7	10,9
3	114,0	11,6	111,4	10,7
4	108,0	11,0	108,8	11,0
5	109,8	11,2	112,1	10,7
6	115,0	11,2	110,4	11,0

Le témoin présente des pulpes de fruits plus colorées que tous les traitements, mais les différences entre formes du manganèse et périodes ou nombres d'applications sont trop minimes pour qu'on puisse en tirer des conclusions. En fait, un seul apport donne plus que la masse totale de manganèse contenue dans un bananier.

L'application de 5 g de cet élément par bananier, par voie foliaire, permet donc d'atténuer sensiblement la manifestation de la pulpe jaune dans les conditions de la Station.

La **conclusion** ne peut être que provisoire, étant donné la variété des facteurs qui ont été étudiés et le caractère exploratoire des expérimentations en champ. Comme il a été dit nettement au début de cette note, ce cas de « pulpe jaune » ne doit pas être confondu à d'autres, qui peuvent s'exprimer d'une manière semblable, mais pour des causes différentes. Au Cameroun, il existe aussi de la pulpe jaune dont l'origine est incontestablement un déficit hydrique en début d'année.

L'anomalie qui nous intéresse est due à une conjonction encore mal définie de conditions climatiques et nutritionnelles. D'autres publications seront faites plus précisément sur la nutrition minérale. Dans la plupart des cas, la forte prédominance de l'ion calcium dans le complexe a été mise en cause dans beaucoup des sols camerounais cultivés en bananiers. Cet excès serait à l'origine de blocages, du manganèse par exemple, d'antagonismes vis-à-vis du potassium ou

du magnésium. Des apports assez élevés de soufre, en acidifiant le sol permettent une meilleure absorption au moins du manganèse et la pulpe jaune est atténuée. Le soufre en tant qu'élément a probablement un effet direct sur la pigmentation, qui s'est révélé dans l'essai comparatif de formes d'engrais azotés. Enfin, la pulvérisation de sels de manganèse a également un effet direct positivement favorable.

La pulpe jaune se présente comme un phénomène à caractère latent, et elle se manifeste au cours de l'année avec plus ou moins d'acuité suivant les conditions climatiques. Il existe une relation directe entre l'intensité du phénomène et la durée de l'intervalle émission florale-stade commercial de récolte (IFC). Dans toutes les expériences citées, l'augmentation de la pigmentation va toujours de pair avec celle de l'IFC. C'est dire que toutes les techniques qui abrègent l'intervalle ont beaucoup de chances de diminuer la maturation. Cela a été constaté pour le gainage des régimes et l'ablation des dernières mains.

On dispose donc déjà de quelques procédés pour restreindre dans une certaine mesure la gravité de l'anomalie sans qu'on puisse cependant prétendre l'avoir supprimée. D'autres études restent encore indispensables pour obtenir une meilleure qualité marchande, et en particulier pour procéder à des récoltes de fruits de grade plus élevé. On doit cependant recommander aux planteurs de faire étudier leur cas avant que de procéder à des apports importants de soufre. Par contre, les autres techniques comme ensachage des régimes, ablations des deux dernières mains, devraient déjà être en usage constant dans les bananeraies.

Il a toujours été difficile de suivre l'évolution de la « pulpe jaune » dans les exploitations, du fait de confusions sur les causes. Les dommages dus à la cercosporiose ou à la sécheresse ont été largement confondus avec ceux de l'anomalie dont il a été question dans cette note. Bien que des enquêtes avec de nombreuses observations aient eu lieu dans les années passées, ce ne sont finalement que des essais en champ, et que des analyses chimiques précises qui ont permis d'avancer quelque peu dans la connaissance du problème.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (B.). 1968.
Etude préliminaire des phénomènes de transpiration chez le bananier ; application à la détermination des besoins en irrigation dans les bananeraies d'Équateur.
Fruits, vol. 23, n°7, p. 357-381 ; vol. 23, n°9, p. 483-494.
- CALMEJANE (C.). 1963.
La crise climactérique des bananes et les conditions physiques des échanges gazeux entre le fruit et le milieu extérieur.
D.E.S. Faculté des Sciences de Paris, 64 p.
- DUMAS (J.) et MARTIN-PRÉVEL (P.). 1958.
Contrôle de nutrition des bananeraies en Guinée ; premiers résultats.
Fruits, vol. 13, n°9-10, p. 375-386.
- DUMAS (J.). 1960.
Contrôle de nutrition des bananeraies dans trois territoires africains.
Fruits, vol. 15, n°6, p. 277-290.
- GORE (H.C.). 1914.
Changes in composition of peel and pulp of ripening bananas.
Journal of Agri. Research, vol. III, n°3, p. 187-203.
- LEONARD (E.R.). 1941.
Studies in tropical fruits.
X. Preliminary observations on transpiration during ripening.
Annals of Botany, vol. 5, n°17, p. 89-119.

- 7 - LITTMANN (M.D.). 1972.
Effect of water stress on the respiratory gaz exchange of banana fruit and tissues.
Queensland J. Agric. Anim., T. 29-2, p. 115-130.
- 8 - MARTIN-PRÉVEL (P.). 1955.
Recherches sur les causes possibles de la maturation avancée, Station centrale des Cultures fruitières (IFAC, Kindia).
Rapport annuel, 6e partie, p. 18-23.
- 9 - MARTIN-PRÉVEL (P.), MARCHAL (J.) et MELIN (Ph.). 1972
Le soufre et la banane.
Fruits, vol. 27, n°3, p. 167-177.
- 10 - MELIN (Ph.). 1971.
Effet de forts apports minéraux sur le bananier.
Fruits, vol. 25, n°11, p. 763-766.
- 11 - MENDOZA (D.B.). 1968.
Respiration of banana fruits.
Philippines Agric., 4, n°9, p. 747-756.
- 12 - PALMER (J.K.) et GLASSON (W.B.). 1969.
Respiration and ripening of banana fruit slices.
Aust. J. Biol. Sci., 22, 87-99.
- 13 - ULRICH (R.). 1952.
La vie des fruits.
Masson, Paris, 369 p.
- 14 - VON LOESECKE. 1949.
Bananas, New York, Interscience publ.
- 15 - WARDLAW (C.W.) et LEONARD (E.R.). 1936.
Studies in tropical fruits.
1. Preliminary observations on some aspects of development ripening and senescence with special reference to respiration.
Annals of Botany, vol. L, n°CXIX, p. 621-653.
- 16 - WARDLAW (C.W.), LEONARD (E.R.) et BARNELL (H.R.). 1939.
Studies in tropical fruits.
VII. Notes on banana fruits in relation to studies in metabolism.
Annals of Botany N.S., vol. III, n°12, p. 845-860.
- 17 - WARDLAW (C.W.) et LEONARD (E.R.). 1940.
Studies in tropical fruits.
IX. The respiration of bananas during ripening at tropical temperatures.
Annals of Botany, vol. IV, n°14, p. 269-315.

