

# Déviation de la maturation chez l'ananas : le "jaune" ou translucidité

## I. Caractéristiques physiques et chimiques du fruit translucide

**A. SOLER**

CIRAD-FLHOR  
BP 5035  
34032 Montpellier cedex 01  
France

Déviation de la maturation chez l'ananas : le "jaune" ou translucidité.  
I. Caractéristiques physiques et chimiques du fruit translucide.

### RÉSUMÉ

La maturation de l'ananas (*Ananas comosus*, variété Cayenne lisse) peut subir des déviations sous l'effet de stress externes. Dans le cas de translucidité observée dans le fruit, le stress est causé par des facteurs climatiques (forts rayonnements, températures et précipitations). Les modifications physico-chimiques qui l'accompagnent s'apparentent à une sénescence accélérée. La qualité du fruit s'en ressent : fragilité accrue et baisse d'acidité. Cependant, l'acidification des ananas au cours du stockage au froid améliore le goût de ces fruits et ils peuvent supporter les conditions de transport avec certaines précautions. Après la récolte et durant le stockage la translucidité évolue faiblement.

### MOTS CLÉS

Ananas (fruit), Côte-d'Ivoire, maturation, stade de développement végétal, propriété physico-chimique, stress, densité.

Abnormal Ripening in Pineapple: Translucence of the Flesh.  
I. Physical and Chemical Characteristics of Waterlogged Fruit.

### ABSTRACT

In pineapple (*Ananas comosus*, cv. Smooth cayenne) stress (climate, etc.) can cause abnormal ripening. High radiation, temperature and rainfall induce translucence of the flesh. The resulting physical and chemical changes resemble accelerated senescence. Fruit quality is modified, showing increased fragility and decreased acidity. In contrast, the results indicate that pineapple acidity increases during cold storage, thus enhancing fruit taste. Moreover, with careful handling, pineapples can be transported without damage. Translucence does not increase very much after the harvest or during storage.

### KEYWORDS

Pineapples, Côte d'Ivoire, ripening, plant developmental stages, chemicochemical properties, stress, density.

Desviación de la maduración en la piña (translúcida).  
I. Características físicas y químicas del fruto translúcido.

### RESUMEN

La maduración de la piña (*Ananas comosus*, Cayena lisa) puede ser desviada debido a stress externos (clima o de otro tipo). En el caso de la translucencia de la piña, el stress es una combinación de fuertes radiaciones, temperaturas y lluvias. Los cambios físico-químicos de la carne de la fruta se parecen a un senescencia acelerada. La calidad de la fruta está afectada, aumento de la fragilidad y disminución de la acidez. Sin embargo, se demostró que la acidificación de las piñas durante la conservación en el frío vuelve estas frutas muy atractivas y que mediante algunas precauciones, ellas soportan las condiciones de transporte. Por otra parte, la translucencia no evolua más después de la cosecha y durante la conservación.

### PALABRAS CLAVE

Piña, Côte d'Ivoire, maduración, etapas de desarrollo de la planta, propiedades físico-químicas, stress, densidad.

## ●●●● introduction

L'ananas est un fruit non climactérique dont la maturation s'étale sur 15 à 20 jours, en conditions tropicales humides.

Récolté tardivement, il se ramollit et se fragilise sous l'action d'hydrolases ; des fermentations alcooliques suivent alors favorisant le développement de champignons et d'autres pathogènes (levures, bactéries, etc.) qui dégradent le fruit. Ce processus de sénescence normal peut être accéléré sous l'action de facteurs climatiques et nutritionnels encore mal connus. Une déviation de la maturation, appelée "jaune" ou "translucidité de l'ananas" peut alors être observée (HUET, 1953 ; TEISSON, 1979).

Cette anomalie se caractérise par le développement d'une translucidité de la chair plus ou moins accentuée, qui apparaît au centre des yeux puis se propage vers le reste de la pulpe. Elle n'atteint cependant ni le cœur ni l'épiderme. L'acidité libre du jus diminue fortement alors que l'extrait sec soluble augmente. Cette déviation de la maturation s'accompagne d'une dégradation incomplète des chlorophylles de l'épiderme qui devient alors moins sensible à un traitement par l'éthéphon destiné à accélérer la coloration externe des ananas.

La translucidité se développe aux périodes chaudes (GREEN, 1963), de préférence sur les gros fruits qui deviennent très fragiles, mais son apparition peut être limitée par un ombrage important (TEISSON, 1979). Divers travaux permettent d'associer plus ou moins directement l'observation d'une translucidité de la pulpe d'ananas et certaines conditions climatiques. Dans des situations contrastées comme en Guinée, c'est le retour des pluies faisant suite à une longue période sèche qui déclenche le phénomène (HUET, 1953). Dans d'autres cas où les saisons sont moins marquées, aucune séquence climatique particulière intervenant en fin de phase de maturation ne peut être liée à l'observation de translucidité dans le fruit (cas le plus fréquent en Côte-d'Ivoire ; TEISSON, 1979). Cependant le passage du soleil au zénith, qui corres-

pond à un fort échauffement potentiel des fruits, est un élément très favorable. De même, la teneur en azote et la faiblesse du rapport potassium/azote (K/N) dans la fertilisation seraient aussi des facteurs sensibilisants (LACOEUILHE, 1978 ; PINON, 1980, comm. pers.).

Du fait de la fragilité des fruits atteints de "jaune", jusqu'à 80 % de la production exportée peut être perdue dans des cas extrêmes. Une meilleure caractérisation du phénomène et des conditions écophysiologiques qui l'induisent s'avèrerait donc nécessaire.

A cette fin, quelques caractéristiques chimique et physique de la pulpe de fruits atteints ont été comparées à celles de fruits normaux et l'origine du "jaune" et son impact sur la qualité du fruit ont été analysés. L'ensemble des résultats obtenus à l'issue de ces premiers travaux sont rapportées dans ce document. Les aspects enzymatiques qui ont été étudiés par la suite seront décrits ultérieurement (SOLER, 1994).

## ●●●● matériel et méthode

### matériel végétal

Les études ont porté sur la variété Cayenne lisse de l'espèce *Ananas comosus* (L.) Merr., la plus cultivée en Côte-d'Ivoire.

### méthodes analytiques

Les méthodes utilisées pour les analyses chimiques et physiques ont été décrites par SOLER (1991). Elles peuvent être brièvement rappelées :

- acidité libre (AL) : neutralisation directe du jus par NaOH N/10 ;
- acidité totale (AT) : neutralisation de 2 ml de jus par NaOH N/50 après passage sur résine échangeuse d'ions (sous forme H<sup>+</sup>) ;
- extrait sec soluble (ESS) : mesuré par réfractométrie ;

- thiols réduits (Thiols ou GSH) : réactif au DTNB ;
- thiols oxydés (GSSG) : réactif au DTNB après réduction par la glutathion réductase ;
- acide ascorbique (AA) : réactif au dichlorophénol-indophénol ;
- acide déhydro-ascorbique (DHA) : réactif à la DNPH ;
- analyses par HPLC : les pulpes de différents fruits de même qualité sont réunies pour former des échantillons de 100 g fixés à l'alcool bouillant pendant 45 min ;
- notation de la translucidité : des notes de 1 à 5 sont affectées à chacun des fruits, elles correspondent à l'observation de 0 à 100 % de translucidité de la chair visible après section transversale médiane de ces fruits ;
- densité : des classes ont été déterminées à partir de solutions salines de 0 à 5 % de NaCl.

## échantillonnage

Pour comparer les caractéristiques des ananas normaux et "jaunes", deux lots ont été définis en fonction de la présence ou de l'absence de translucidité. Quinze fruits ont été retenus pour chacun de ces lots. Les analyses sont effectuées sur les jus obtenus par broyage des fruits et filtration individuelle.

Pour comparer les teneurs en acide ascorbique et en thiols, deux lots de 20 fruits très mûrs ont été constitués également en fonction de la translucidité de leur pulpe ; les mesures sont effectuées sur le jus de la partie médiane des fruits.

Pour tester la diffusion des solutés à partir de la pulpe des fruits atteints de "jaune", 5 g de pulpe, sous forme petits cubes de 5 mm prélevés sur 6 à 8 fruits présentant un même degré de translucidité, ont été incubés pendant 4 heures dans des solutions "eau" ou "mannitol" (minimum 300 mOsmoles). Les teneurs en potassium, calcium et magnésium ont ensuite été mesurées par spectrophotométrie de flamme.

## ● ● ● ● résultats et discussion

### densité apparente du fruit et intensité de translucidité

L'augmentation de la densité du fruit est clairement liée au développement de la translucidité de la pulpe (figure 1). Toutefois cette liaison n'est pas stricte puisque, selon les périodes de l'année, la translucidité est plus ou moins forte même pour des densités faibles.

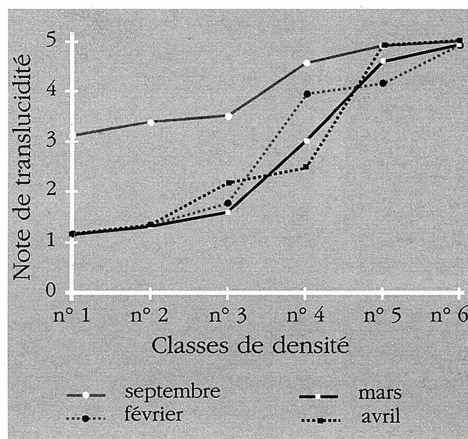


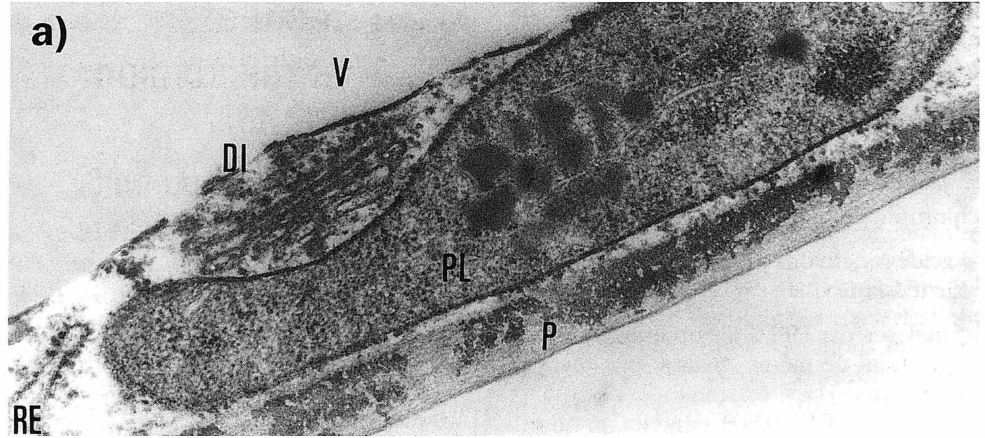
Figure 1  
Relation entre la densité des fruits et le degré de translucidité de leur pulpe.

La densité du fruit dépend des méats tissulaires ; l'air qu'il renferme se trouve à la fois localisé dans les 3 locules de chaque oeil, et dans les espaces intercellulaires. C'est le remplissage de ces derniers par du jus, qui induit le phénomène de translucidité. Le remplissage des locules, en raison d'un développement cellulaire plus important, correspond, en revanche, à un processus normal de la maturation qui dépend des conditions de croissance du fruit.

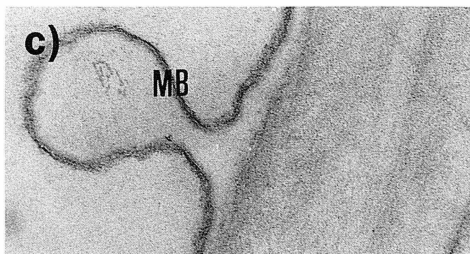
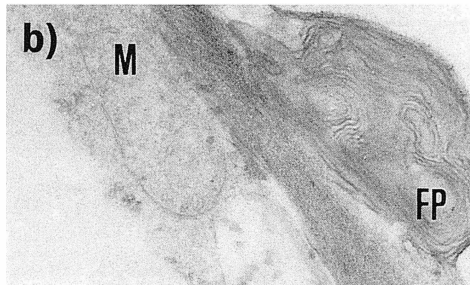
Ce phénomène peut être amélioré par traitement des fruits par un régulateur de croissance comme le 3 CPA (acide 2, 3, chlorophenoxypropionique) (SOLER, 1985) ; il permet d'augmenter fortement la densité apparente du fruit indépendamment du développement d'une translucidité de la chair.

Planche 1

Observations de tissus de fruits d'ananas en microscopie électronique. Quatre stades de maturité différents ont été identifiés à partir de la mesure de l'acidité libre (AL) et de la teneur en extrait sec soluble (ESS) (voir tableau 1).

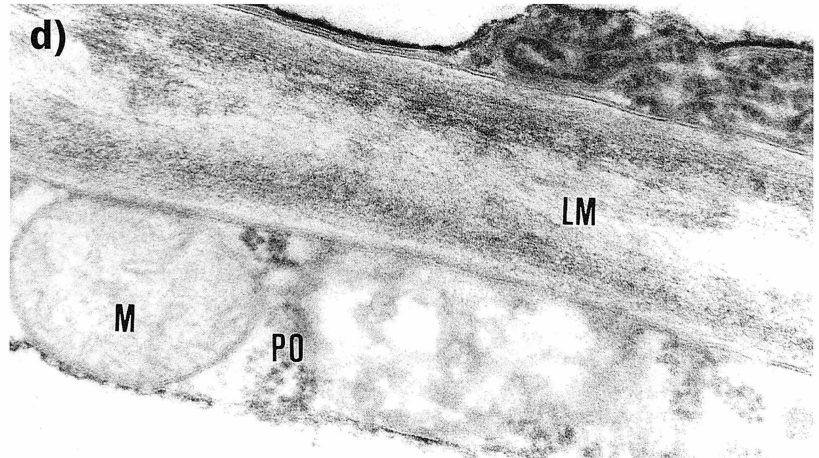


**Photo a** (x 54 000). Fruit vert, proche de la maturation : présence de dictyosome (DI) et réticulum granuleux (RE), (pro)plaste en évolution (système lamellaire et plastoglobuli, PL), paroi (P), vacuole (V).

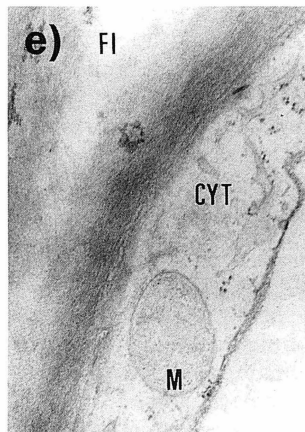


**Photo b** (x 27 000). Fruit moyennement mûr : présence de mitochondries (M) et "finger print" (FP) ou figure myélinique (=lyse des systèmes membranaires).

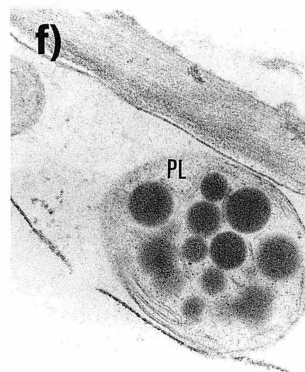
**Photo c** (x 80 000). Fruit très mûr : invagination de la membrane plasmique dans la vacuole, traduisant une activité métabolique (MB).



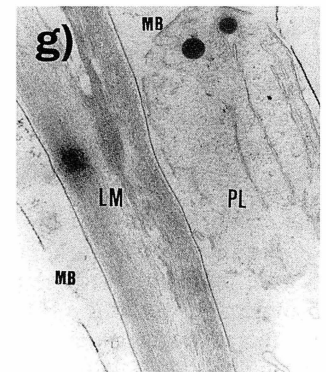
**Photo d** (x 80 000). Fruit très mûr : présence de mitochondries (M) et de polysomes (PO), faible densité de la zone correspondant à la lamelle moyenne (LM) traduisant une disparition des composés pectiques.



**Photo e** (x 80 000). Fruit translucide : désorganisation des fibrilles de cellulose (FI), cytoplasme granuleux et vésiculé (CYT), présence de mitochondries (M).



**Photo f** (x 40 000). Fruit translucide : plaste en dégradation avec de nombreux plastoglobuli (PL).



**Photo g** (x 40 000). Fruit translucide : lamelle moyenne (LM) très peu dense, systèmes membranaires très discontinus (MB) et plaste dégénéré (PL).

## modifications ultrastructurales

L'occupation des espaces intercellulaires par le jus du fruit suggère une désorganisation au niveau cellulaire. Peu de signes évidents d'un tel phénomène apparaissant en microscopie optique dans les essais, des observations en microscopie électronique ont été réalisées à quatre stades de maturité différents (planche 1) identifiés à partir de la mesure de l'acidité libre (AL) et de la teneur en extrait sec soluble (ESS) des jus des fruits (tableau 1).

Une des principales caractéristiques observables sur les coupes étudiées au microscope électronique est la faible densité de la zone correspondant à la lamelle moyenne (ciment intercellulaire) pour les fruits très mûrs ou translucides par rapport à celle des fruits moins mûrs. Cela traduit une disparition des composés pectiques. Une importante désorganisation des fibrilles de cellulose accompagne ce phénomène.

Par ailleurs le cytoplasme est granuleux et vésiculeux et le système membranaire est discontinu surtout dans les coupes des fruits translucides ; ce sont des signes de dégénérescence. Des structures dites figures myéliniques (ou "finger print") sont présentes, même chez les fruits moyennement mûrs. Ces structures, qui sont des enroulements membranaires en cours d'hydrolyse, témoignent d'une différenciation très avancée. Les plastes très dégénérés, surtout ceux des fruits translucides, présentent aussi des inclusions lipidiques. Les ribosomes et les polysomes, enfin, semblent moins fréquents. Certains signes d'activité métabolique existent

cependant dans tous les types de fruit ; il se produit en particulier des invaginations de la membrane plasmique avec formation de vésicules.

L'ensemble de ces observations en microscopie électronique tend ainsi à montrer que les cellules des fruits atteints de translucidité sont globalement dans un état de dégénérescence plus avancé que celles des fruits normaux. Cependant, il n'y a pas d'éclatement de cellules qui aurait pu expliquer l'envahissement des espaces intercellulaires par le jus.

## modification de la perméabilité membranaire

Certaines expérimentations ont été réalisées pour déterminer si la translucidité pouvait être liée à une modification de la perméabilité membranaire entraînant la libération du jus vacuolaire des cellules dans l'apoplaste.

L'incubation de pulpe de fruit dans un milieu liquide tamponné à pH 4,5 (valeur proche du pH de la pulpe) et ramené à 300 mOsmoles par du mannitol (milieu habituellement isotonique vis-à-vis des cellules), entraîne une augmentation de la conductance du milieu, qui traduit l'efflux des solutés de la pulpe. Ce phénomène est plus rapide à partir de fruits translucides (figure 2), cela suggère une perméabilité membranaire plus forte pour ces derniers. Cependant, cela pourrait refléter également des lésions importantes lors de la découpe d'une pulpe plus fragile ou l'efflux ainsi mesuré pourrait ne pas

Tableau 1

Identification de 4 stades de maturité chez l'ananas par mesure de l'acidité libre (AL : en meq /100 ml de jus) et de l'extrait sec soluble (ESS : indice réfractométrique).

	AL	ESS
Fruit vert	11,4	15,6
Fruit moyennement mûr	7,1	17,3
Fruit très mûr	7,2	18,6
Fruit translucide	5,9	17,7

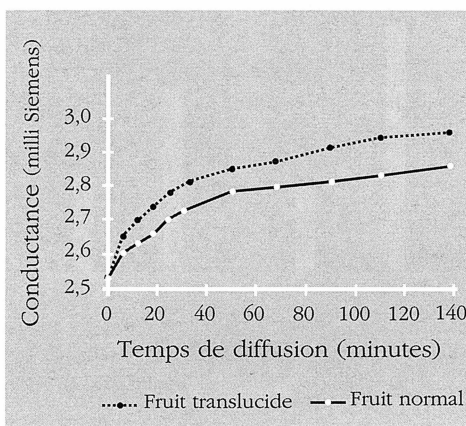
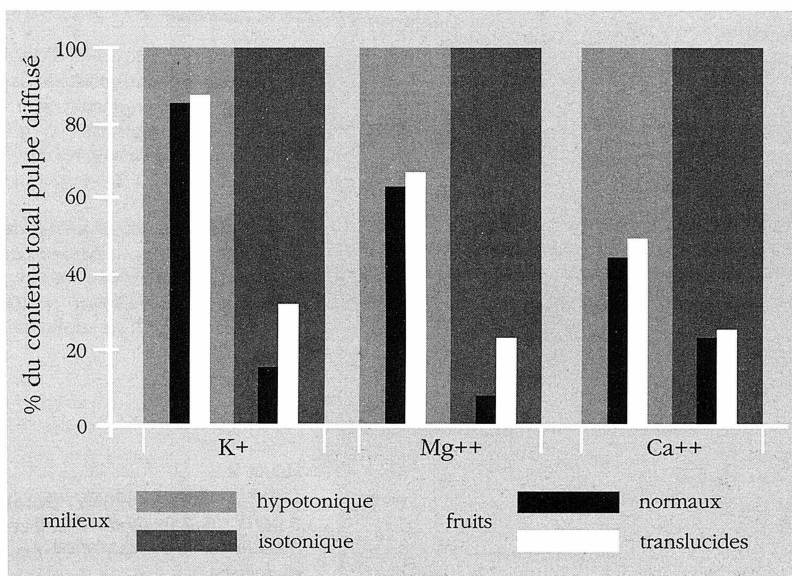


Figure 2  
Diffusion des solutés du jus à partir de la pulpe des fruits (traduit par la conductance du milieu).

prendre effectivement en compte les solutés des vacuoles, mais uniquement ceux déjà présents dans l'apoplaste. Il est donc apparu nécessaire de suivre l'évolution d'éléments intravacuolaires tels que le potassium ( $K^+$ ), le magnésium ( $Mg^{++}$ ) et le calcium ( $Ca^{++}$ ).

Lorsque la tonicité du milieu est contrôlée par l'ajout de saccharose, l'efflux des ions  $K^+$  et  $Mg^{++}$  en milieu isotonique est plus important à partir de la pulpe de fruits translucides (figure 3) qu'à partir de celle de fruits normaux. En milieu fortement hypotonique (eau), les différences entre les tissus des deux types de fruits sont faibles, mais l'efflux est très important. En revanche, l'efflux total de  $Ca^{++}$  est beaucoup moins important que celui des autres ions, et les différences entre types de fruits ne sont pas significatives : le calcium est beaucoup moins mobile que les autres ions. L'importance des efflux des ions  $K^+$  et  $Mg^{++}$  suggérerait une origine effectivement vacuolaire, et les différences mises en évidence entre tissus de fruits translucides et normaux pourraient être liées à une augmentation de perméabilité membranaire, comme dans le cas des feuilles sénescentes (PENNAZIO *et al.*, 1982). Cependant, le contrôle de la tonicité du milieu par du saccharose pourrait aussi induire une extrusion accélérée des ions vacuolaires en augmentant l'absorption du sucre dans la vacuole (antiport saccharose /  $H^+$  tonoplastique).

Figure 3  
Diffusion des cations en milieu saccharosé pendant 4 heures.



Lorsque la tonicité du milieu est contrôlée par l'ajout de mannitol, celui-ci n'est pas absorbé à travers les membranes. Des résultats allant dans le même sens que ceux exposés précédemment sont alors obtenus, mais les différences sont beaucoup moins importantes, et surtout les efflux mesurés sont globalement plus faibles qu'avec le saccharose (figure 4). Cependant, les ananas utilisés provenant d'un autre lot, les résultats peuvent refléter également des différences d'état de surmaturité et de fragilité des pulpes moins marquées entre les deux types de fruits.

## modification des caractéristiques biochimiques des fruits

### acidité et extrait sec soluble

L'acidité libre et la teneur en extrait sec soluble du jus, qui mesure le taux de sucre, sont deux des éléments classiquement utilisés pour juger de l'état de maturité des fruits. Selon qu'il s'agit de fruits normaux ou de fruits translucides, ces valeurs varient beaucoup en fonction de l'âge, du degré de translucidité ou de la période durant laquelle les ananas ont été récoltés (tableau 2).

Tableau 2

Comparaison des ananas normaux et translucides à partir de la mesure de leur acidité libre (AL : en meq /100 ml de jus) et de leur extrait sec soluble (ESS : indice réfractométrique).

	Translucidité moyenne*	AL	ESS
Fruits normaux	0	13,40 ± 0,83	16,46 ± 0,60
Fruits jaunes	3,1	10,07 ± 1,56	16,50 ± 0,64

(\*) le degré de translucidité de la pulpe des fruits est variable ; il est estimé par une note de translucidité allant de 0 pour un fruit normal à 5 pour un fruit entièrement translucide.

L'observation d'une translucidité de la pulpe s'accompagne d'une baisse de l'acidité libre (AL) mais d'une faible variation de la teneur en extrait sec soluble (ESS), il en résulte une augmentation du rapport ESS/AL. La diminution de l'acidité est globale car elle concerne les principaux acides organiques détectables par HPLC (tableau 3).

Par ailleurs, l'acidité totale diminue également, mais moins rapidement que l'acidité libre (tableau 4). La teneur en acides organiques résultant d'un équilibre entre leur consommation par la respiration et leur synthèse, cette observation permet de supposer que la respiration des fruits atteints augmente, phénomène classique en situation de stress, et que simultanément les capacités de synthèse diminuent.

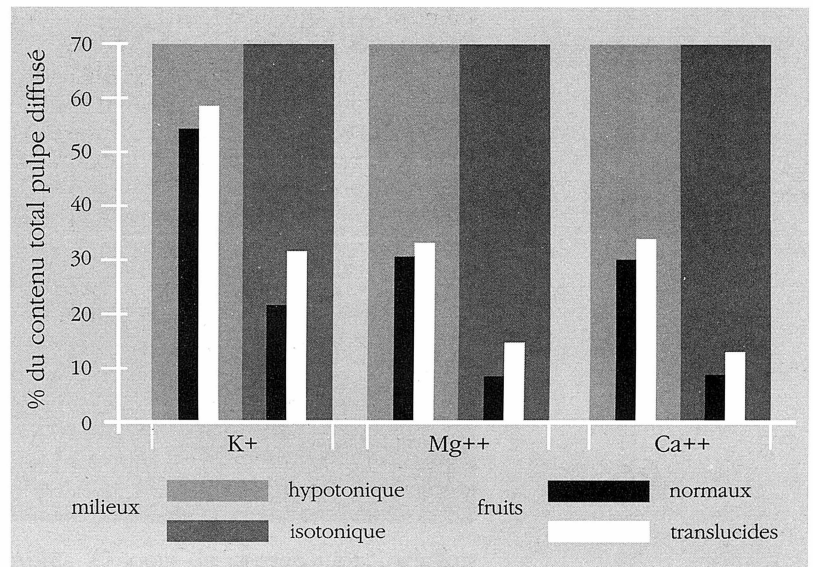


Figure 4  
Diffusion des cations en milieu mannitol pendant 4 heures.

Tableau 3

Comparaison des teneurs en différents acides organiques (en mg / 100 g de pulpe fraîche) de fruits normaux et translucides.

	citrique	malique	Acides			
			succinique	oxalique	aconitique cis	aconitique trans
Fruits normaux	650,7	205,0	54,5	4,0	0,41	0,52
Fruits translucides	301,1	130,0	17,5	3,9	0,33	0,46

Tableau 4

Comparaison de l'acidité libre (AL) et de l'acidité totale (AT) en fonction du stade de maturité apparente du fruit (en meq / 100 ml de jus).

	AL	AT	AL en % de AT
Fruits normaux	11,6 ± 1,2	17,4 ± 1,5	66,6
Fruits surmûrs	7,7 ± 0,7	13,4 ± 1,2	57,5
Fruits translucides	5,4 ± 1,0	12,0 ± 1,4	45,0

## acide ascorbique et thiols

L'acide ascorbique et les thiols (principalement le glutathion) sont deux antioxydants naturels des fruits. La mesure de leur teneur est un indicateur de la capacité des fruits à lutter contre les phénomènes oxydatifs toxiques pour les cellules et conduisant aux brunissements ou à une dégradation accélérée des membranes. La teneur en acide ascorbique suit la même évolution que l'acidité libre alors que la teneur en thiols est identique dans les fruits normaux ou atteints (tableau 5).

Les proportions forme réduite / forme oxydée des deux composés restent similaires dans les deux types de fruits. Cela pourrait signifier que la teneur en acide ascorbique, quelle que soit sa forme, diminuerait dans les fruits atteints et que sa synthèse serait stoppée. Au contraire, le glutathion est maintenu à l'état réduit par la glutathion réductase et cela à des teneurs équivalentes dans les deux types de fruits. Les fruits translucides gardent la capacité de produire du pouvoir réducteur sous forme de NADPH pour le fonctionnement de la réductase (SOLER, 1991).

Tableau 5

Comparaison des teneurs en acide ascorbique (AA) et en thiols du jus d'ananas, avec son acidité libre (AL) et son extrait sec soluble (ESS) ; rapport des formes réduites sur le total.

	AL (meq/100 ml jus)	ESS (%)	AA (mM)	AA / (AA+DHA)	Thiols (mM)	GSH / (GSH+GSSG)
<b>1<sup>re</sup> série d'analyses</b>						
Fruits normaux	9,7 ± 1,1	16,0 ± 0,7	5,2 ± 0,9	0,35 ± 0,06	0,11 ± 0,01	0,90 ± 0,14
Fruits translucides	7,3 ± 0,6	16,1 ± 0,6	4,5 ± 0,6	0,31 ± 0,05	0,12 ± 0,02	0,92 ± 0,07
<b>2<sup>e</sup> série d'analyses</b>						
Fruits normaux	12,1 ± 1,2	15,8 ± 0,5	6,2 ± 0,7	0,41 ± 0,04	0,14 ± 0,03	0,85 ± 0,05
Fruits translucides	9,1 ± 2,0	15,1 ± 0,6	4,3 ± 0,6	0,39 ± 0,03	0,12 ± 0,01	0,88 ± 0,08

### origines possibles du phénomène : aspects climatiques

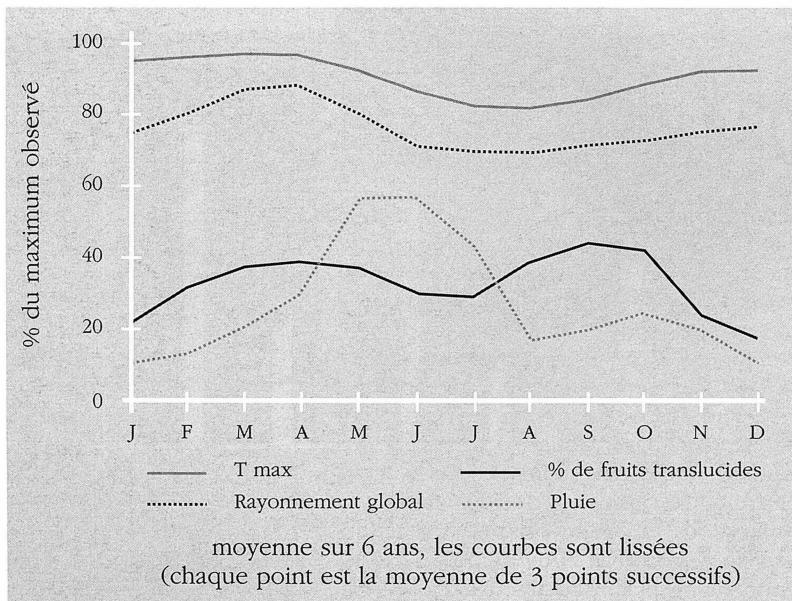
Le déclenchement artificiel du phénomène de translucidité en parcelle expérimentale est très aléatoire ; l'étude approfondie du rôle des facteurs climatiques dans son induction est donc difficile.

Dans une étude préliminaire, SOLER (1991) a pu montrer que, malgré un métabolisme de type crassulacéen relativement bien adapté à la sécheresse, l'ananas répondait positivement à certains indica-

teurs de stress hydriques utilisés pour d'autres plantes : teneurs en matière sèche et en protéines (DHINDSA, 1987), activité ascorbate peroxydase (SMIRNOFF et COLOMBE, 1988 ; DHINDSA, 1991). Pour d'autres indicateurs de ce type, en revanche, il peut présenter des réponses non significatives : teneur en proline (STEWART et BOGGESS, 1978 ; TYMMS et GAFF, 1979 ; CABALLERO *et al.*, 1988), activités déhydro-ascorbate réductase et glutathion réductase (SMIRNOFF et COLOMBE, 1988). Ces résultats laissent entrevoir la possibilité de perturbations métaboliques par le stress hydrique pouvant sensibiliser le plant et le fruit au phénomène de translucidité.

Une relation entre certaines variations climatiques et l'observation de translucidité dans les fruits a été recherchée pendant six ans à partir de parcelles d'ananas plantées mensuellement ; dans chacune d'elles, l'intervalle plantation / induction florale des plants était constante, fixée à neuf mois. Deux maxima annuels de pourcentages de fruits atteints par rapport aux fruits normaux ont pu être mis en évidence : le premier coïncide avec l'époque où les valeurs de la température et du rayonnement sont les plus élevées, le second est enregistré au moment où ces paramètres recommencent à augmenter après avoir atteint les valeurs les plus basses (figure 5). Par ailleurs, les pics de hauteurs de précipitations et de taux de fruits atteints de translucidité sont décalés.

Figure 5  
Influence de certaines  
composantes du climat sur  
l'observation de translucidité  
dans la pulpe des fruits.





Le premier maximum de fruits atteints de translucidité pourrait résulter d'une sensibilisation des plants et des fruits provoquée par un stress hydrique plus ou moins marqué pendant la période de fructification. Le déclenchement du phénomène proprement dit serait dû aux conditions climatiques juste avant, ou pendant, la phase ultime de la maturation (combinaison échauffement du fruit et précipitations).

Ce schéma ne permet pas d'expliquer *a priori* le second pic de translucidité observé. Le stress subi par les plants pendant la phase de fructification serait alors d'une autre nature (faible rayonnement et excès d'eau notamment en juin et juillet entraînant un ralentissement de la croissance). De plus, dans ce cas, le rayonnement et la température sont globalement faibles en fin de maturation, cela n'excluant pas, par ailleurs, la possibilité de forts échauffements durant quelques jours lors du passage du soleil au zénith.

## impact de la translucidité sur la qualité du fruit

Les deux critères qualitatifs principalement modifiés par la translucidité sont la résistance du fruit aux chocs qui est diminuée, et le rapport extrait sec soluble / acidité libre (ESS/AL) qui est fortement augmenté. Les fruits résistent alors moins bien aux conditions de transport classiques et en cas d'acidité libre trop faible, ils sont fades à la dégustation. Ces constatations peuvent cependant être relativisées à partir de l'analyse des résultats de tests de conservation en conditions réelles comparant des fruits normaux à des fruits translucides (tableau 6).

Après 25 jours de conservation, pendant lesquels les manipulations nécessaires ont été effectuées avec certains soins élémentaires, tous les fruits ont une présentation correcte. La translucidité, si elle n'était pas trop développée à la récolte, n'évolue plus. Tous ces fruits ont alors

Tableau 6

Evolution de certaines caractéristiques des ananas au cours du stockage.

Classement visuel des fruits	Fruits non ou peu atteints		Fruits moyennement atteints				Fruits très atteints			
	1		1,002		1,005		1,012		1,019	
Durée de stockage <sup>(*)</sup>	courte	longue	courte	longue	courte	longue	courte	longue	courte	longue
Note de translucidité										
• à la récolte	1	1			3,6	3,6	4,0	4,0	4,2	4,2
• après stockage	1	1,7	2,8	2,7	3,5	3,5	4,3	4,5	5	5
Extrait sec soluble (ESS, en %)										
• à la récolte	15,4	15,4	16,2	16,2	17,1	17,1	17,3	17,3	17,2	17,2
• après stockage	13,2	14,4	14,4	14,6	14,3	15,6	15,0	14,5	14,8	15,7
Acidité libre (AL, en meq/100 ml)										
• à la récolte	12,7	12,7	11,5	11,5	11,4	11,4	10,3	10,3	10,4	10,4
• après stockage	18,3	18,6	15,9	16,0	15,6	16,5	13,3	13,6	13,6	14,6
ESS / AL										
• à la récolte	1,21	1,21	1,41	1,41	1,50	1,50	1,68	1,68	1,65	1,65
• après stockage	0,72	0,77	0,91	0,91	0,92	0,95	1,13	1,07	1,09	1,08

(\*) Durée de stockage :

Courte = 9 jours de transport au froid + 3 jours à t° ambiante

Longue = 9 jours de transport au froid + 12 jours à t° ambiante (23 °C).

une capacité de synthèse d'acides organiques au cours du stockage au froid qui augmente leur acidité libre de l'ordre de 30 % et qui permet par conséquent d'abaisser leur rapport ESS / AL. L'augmentation de l'acidité peut provenir de l'utilisation d'une partie des sucres dont la teneur baisse légèrement au cours de la conservation. Les fruits translucides jugés après stockage par des tests de dégustation apparaissent de meilleure qualité gustative que les fruits normaux devenus trop acides (TISSEAU *et al.*, 1982).

## ● ● ● ● conclusion

Le développement de translucidité dans la pulpe de l'ananas peut être considéré comme une forme de sénescence accélérée sous l'effet d'un stress extérieur. Elle présente diverses caractéristiques physico-chimiques de ce catabolisme.

Le mécanisme physique conduisant à la translucidité paraît simple : la disparition de l'air dans les espaces intercellulaires rend le milieu plus uniforme, il devient translucide car la lumière traverse la pulpe sans être déviée. Parallèlement, le fruit devient plus dense. Les espaces intercellulaires sont donc envahis par une solution, mais les observations réalisées ne permettent pas d'en définir la véritable origine : efflux du contenu des cellules du tissu (origine intracellulaire) ou afflux de sève (origine apoplastique). L'apparition de la translucidité au centre des yeux, dans une zone relativement plus vascularisée que le reste de la pulpe, appuierait pourtant cette dernière hypothèse.

Les observations confirment les origines du phénomène : grande influence du climat (fortes températures, rayonnement et précipitations) et peut-être sensibilisation du plant pendant sa phase de fructification par un stress qui affecterait son métabolisme. D'autres facteurs non étudiés ici (facteurs génétiques et nutrition minérale) jouent probablement un rôle modulateur comme il a été démontré chez d'autres espèces fruitières présentant des symptômes similaires (melon : MUSARD et YARD, 1990 ; pomme : WILLIAMS et BILLINGSLEY, 1973).

La nature non climactérique de l'ananas pose au producteur le problème de la détermination du stade de récolte. L'adéquation entre la maturité (qualités organoleptiques optimales) et l'aptitude à la conservation (résistance et fermeté de la chair) doit être bonne pour que le fruit arrive en parfait état au stade de la commercialisation. Il est clairement établi que la translucidité, si elle n'est pas trop développée, ne nuit pas aux qualités organoleptiques du fruit : les fruits translucides, grâce en partie à l'augmentation de l'acidité apparue au cours du transport, ont un meilleur rapport sucres / acidité ; ils sont les plus appréciés des consommateurs.

A défaut de pouvoir éliminer le phénomène de translucidité de la pulpe de l'ananas, il serait intéressant de maîtriser son apparition et son développement pour exploiter l'amélioration des qualités gustatives qui peuvent lui être en partie associées. Néanmoins, les fruits atteints de "jaune" restent plus fragiles que les autres, il conviendra d'apporter un soin particulier au conditionnement et au transport. ●

## ● ● ● ● références

- CABALLERO J.I., VERDUZCO C.V., GALAN J.M., JIMENEZ E.S., 1988.  
Proline accumulation as a symptom of drought stress in maize: a tissue differentiation requirements. *J. Exp. Bot.*, 39 (204), 889-897.
- DHINDSA R.S., 1987.  
Drought stress induced inhibition of protein synthesis: mediation by oxidized glutathione. *Plant Physiol.*, 83, 45-47.
- DHINDSA R.S., 1991.  
Drought stress, enzymes of glutathione metabolism, oxidation injury and protein synthesis in *Tortula ruralis*. *Plant Physiol.*, 95, 648-651.
- GREEN G.C., 1963.  
The pineapple plant. In: *The effect of weather and climate upon the keeping of fruit*, 53 p. Genève (Suisse) : Tech. World Meteo Org.
- HUET R., 1953.  
Contribution à l'étude du jaune de l'ananas en Guinée. *Fruits*, 8 (11), 544-546.
- LACOEUILHE J.J., 1978.  
La fumure N-K de l'ananas en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 33 (5), 341-348.
- MUSARD M., YARD C., 1990.  
Melon à chair vitreuse : le point de la situation. *PHM-Revue Horticole*, (305), 57.
- PENNAZIO S., D'AGOSTINO G., SAPETTI C., 1982.  
Cation release from discs of tobacco leaves of different ages. *Physiol. Vég.*, 20 (4), 577-583.
- SMIRNOFF N., COLOMBE S.V., 1988.  
Drought influences the activity of the chloroplast hydrogen peroxide scavenging system. *J. Exp. Bot.*, 39 (205), 1097-1108.
- SOLER A., 1985.  
Utilisation du fruitone 3CPA comme régulateur de croissance sur l'ananas Cayenne lisse en Côte-d'Ivoire. *Fruits*, 40 (1), 31-37.
- SOLER A., 1991.  
*Maturation et sénescence de l'ananas (Ananas comosus (L.) MERR.) en Côte-d'Ivoire*. Montpellier (France) : université de Montpellier II, doctorat, 262 p.
- SOLER A., 1994.  
Déviation de la maturation chez l'ananas : le "jaune" ou translucidité de la pulpe. 2<sup>e</sup> partie : aspects enzymatiques. *Fruits*, à paraître.
- STEWART C.R., BOGGESS S., 1978.  
Métabolism of 5-3H proline by barley leaves and its use in measuring the effects of water stress on proline oxidation. *Plant Physiol.*, 61, 654-657.
- TEISSON C., 1979.  
*Enquête à propos du jaune sur l'exploitation de l'Anguédedou en Côte-d'Ivoire*. Abidjan (Côte-d'Ivoire) : IRFA, document interne de réunion annuelle, n°13, 9 p.
- TISSEAU R., SOLER A., TEISSON C., 1982.  
Surmaturation interne de l'ananas de Côte-d'Ivoire : le "jaune". Incidence sur la qualité gustative des fruits commercialisés en France. Abidjan (Côte-d'Ivoire) : IRFA, document interne de réunion annuelle, n°1, 8 p.
- TYMMS M.J., GAFF D.F., 1979.  
Proline accumulation during water stress in resurrection plants. *J. Exp. Bot.*, 30 (114), 165-168.
- WILLIAMS M.W., BILLINGSLEY H.D., 1973.  
Water core development in apple fruits as related to sorbitol levels in the sap and to minimum temperatures. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 98 (2), 205-207.

