



HAL
open science

La rugosité (russeting) des pommes

Bernard Bidabe, C. Brian, Pierre Bondoux

► **To cite this version:**

Bernard Bidabe, C. Brian, Pierre Bondoux. La rugosité (russeting) des pommes: I- Méthode d'évaluation et analyse des résultats. *Annales de Phytopathologie*, 1971, 3 (3), pp.299-315. hal-02732489

HAL Id: hal-02732489

<https://hal.inrae.fr/hal-02732489>

Submitted on 2 Jun 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

LA RUGOSITÉ (RUSSETING) DES POMMES

I. — MÉTHODE D'ÉVALUATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

B. BIDABÉ, C. BRIAN * et P. BONDOUX

* Station d'Arboriculture fruitière,
Station de Pathologie végétale et Phytobactériologie,
Centre de Recherches d'Angers, I. N. R. A.,
49 - Beaucozéz

RÉSUMÉ

L'étude au verger de l'action des facteurs induisant la rugosité nécessite la définition d'une méthode d'évaluation de ce phénomène. La pomme est divisée en 4 zones pour chacune desquelles les notes 0, 1 et 2 sont données, suivant l'intensité de la rugosité. L'analyse statistique des résultats montre que seule la zone 3 (« joues » côté oculaire) peut être retenue. Un exemple d'application de la méthode est donné : action de 3 fongicides.

La rugosité est un phénomène fréquent sur les fruits à pépins : elle constitue parfois une caractéristique variétale : pomme *Reinette grise du Canada*, Poire *Beurré Bosc*. Elle est accidentelle et plus ou moins développée chez d'autres variétés, mais chez la variété *Golden Delicious* elle constitue un défaut sur le plan commercial.

Cette dernière variété occupant environ les deux tiers du verger français de pommiers, la rugosité est ainsi devenue une préoccupation majeure pour les arboriculteurs. Une étude détaillée a été entreprise pour préciser certaines des multiples causes de cet accident, en particulier pour définir les époques d'induction et l'action des divers traitements aux stades sensibles. Il a été ainsi nécessaire d'établir une méthode pour mesurer le phénomène et pour traduire valablement les résultats expérimentaux.

A. — DÉFINITION

1. — Aspect anatomique

La rugosité résulte d'une modification anatomique des couches protectrices du fruit. A l'origine, celui-ci est limité extérieurement par un épiderme régulier qui sécrète rapidement une cuticule cireuse au niveau des parois extérieures des cellules.

Cette structure peut subsister pendant toute la vie du fruit. Au contraire, il apparaît parfois, constamment chez certaines variétés (mutants gris), accidentellement pour d'autres (*Golden Delicious*), une assise génératrice phellogène à la base de l'épiderme ou à la partie la plus externe de l'hypoderme. Cette assise génératrice forme des cellules liégeuses qui remplacent l'épiderme et sa cuticule comme couche protectrice.

A l'époque de la cueillette une pomme *Golden Delicious* que l'on coupe radialement, présente les couches extérieures suivantes, en allant de la surface vers l'intérieur :

1. Si le fruit est normal (lisse) (pl. I, fig. 1) :

- une cuticule cireuse très développée qui atteint l'hypoderme et englobe les cellules épidermiques,
- des restes de cellules épidermiques généralement peu visibles dans la couche cuticulaire,
- un hypoderme de 2 à 5 couches de cellules à parois épaisses,
- un parenchyme du tube andropérianthe à parois cellulaires minces.

2. Si le fruit est rugueux (pl. I, fig. 2 et 3) :

- une couche de cellules liégeuses plus ou moins épaisse et plus ou moins régulière,
- une assise génératrice phellogène généralement bien visible et régulière,
- un hypoderme de 2 à 5 couches de cellules à parois épaisses,
- un parenchyme du tube andropérianthe à parois cellulaires minces.

2. — Aspect pratique

On remarque, sur ces coupes, que la surface de la cuticule est bien unie alors que la partie extérieure de la couche subéreuse est irrégulière. Ainsi, les pommes pourvues d'une cuticule sont lisses et brillantes ; au contraire, celles qui ont une surface liégeuse sont ternes et rugueuses au toucher, d'où le nom de rugosité donné à cet accident.

Parallèlement, la couleur du fruit varie : ainsi pour la variété *Golden Delicious*, les pommes lisses sont vertes puis jaunes à maturité ; les parties rugueuses ont au verger une couleur brun-verdâtre qui se nuance de beige et de roux au fur et à mesure que la maturité s'avance. Ainsi, lorsqu'une pomme est jaune, les taches de rugosité sont plus apparentes.

Il convient toutefois de remarquer que la rugosité revêt des aspects différents selon certaines causes particulières (anneau de rugosité liée au froid) et surtout en fonction de l'époque à laquelle elle a été induite, comme cela est bien visible pour l'action du cuivre sur la *Golden Delicious* (BONDOUX *et al.*, 1971). Les divers aspects de la rugosité seront examinés par ailleurs.

3. — Incidence sur la qualité du fruit

Lorsque la rugosité est une caractéristique variétale, elle constitue une qualité pour le fruit. Au contraire, elle devient un défaut chez les variétés dont l'épiderme normal est lisse mais qui, à la suite de causes diverses, deviennent partiellement rugueuses. Parmi elles, la variété *Golden Delicious* tient une place particulière d'une

part en raison de son aptitude à cet accident, d'autre part à cause de l'importance des surfaces plantées.

Les conséquences de la rugosité de la Pomme *Golden Delicious* sur la qualité des fruits sont minimes. Le seul reproche bien établi que l'on puisse faire aux pommes rugueuses est leur plus grande perte de poids au cours de la conservation par rapport à celles qui sont lisses (TUKEY, 1959). Les qualités organoleptiques des fruits rugueux ne sont pas perturbées ; certains observateurs signalent même une augmentation de la teneur en sucre dans les zones liégeuses, par rapport aux zones lisses. PERRAUDIN *et al.* (1962) signalent que les fruits rugueux sont moins sensibles aux pourritures lenticellaires au cours de la conservation.

Les règles commerciales en vigueur pour cette variété sont cependant très sévères à l'égard de la rugosité, les pommes atteintes étant déclassées rapidement. Cet accident a pris ainsi des proportions inquiétantes pour de nombreux vergers et une expérimentation a été entreprise pour chercher à le limiter.

B. — APPRÉCIATION DU PHÉNOMÈNE

1. — *Problèmes posés*

Pour que les résultats expérimentaux soient utilisables, il faut apprécier quantitativement le phénomène de manière à les soumettre au contrôle statistique.

En toute rigueur, il faudrait évaluer, pour chaque fruit, le pourcentage de surface rugueuse. Mais il est pratiquement impossible de mesurer cette surface et l'on doit se contenter d'une appréciation visuelle.

D'autre part, les causes de la rugosité accidentelle de la *Golden Delicious* sont nombreuses et variées. Au verger, au moment où l'on observe le phénomène, on ne peut pas départager les divers facteurs qui ont contribué à l'induire séparément ou simultanément. Il est impossible, dans les conditions actuelles d'expérience, d'isoler un facteur, comme par exemple l'action d'une matière active, fongicide ou autre, et de le faire varier seul. A cela s'ajoute l'hétérogénéité du matériel végétal employé. Enfin, ce phénomène est très variable, en un même lieu, d'une année à l'autre.

2. — *Méthode de comptage*

Il apparaît ainsi, en regard du nombre et de la complexité des causes de la rugosité, d'une part des difficultés de l'appréciation de son intensité, d'autre part qu'il est indispensable d'examiner, pour chaque expérience, un grand nombre de fruits. Pour ce faire et pour limiter les ambiguïtés d'estimation du phénomène, il est nécessaire de réduire au maximum le nombre de classes.

a) *Appréciation de l'intensité de la rugosité.*

Le nombre de classes est limité à 3, compte tenu des « catégories de classement » par rapport à la rugosité définie par le C. T. I. F. L., également illustrée par un fascicule de l'O. C. D. E.

Chacune d'elles reçoit une note :

0. Pas de rugosité.

1. Rugosité légère : n'entraînant pas le déclassement du fruit en-dessous de la catégorie 1.

2. Rugosité forte : qui ne permet pas au fruit de dépasser la catégorie 2.

Ces intensités sont illustrées par les planches II (rugosité faible) et III (rugosité forte).

Les comptages sont effectués une seule fois, au moment de la cueillette.

Remarques.

1. Le nombre de classes retenu peut paraître insuffisant à certains expérimentateurs. Il n'est cependant pas souhaitable de l'augmenter. D'abord, en raison du mode d'appréciation du phénomène qui implique des difficultés dans la définition des limites de 2 classes ; ce problème est simplifié si l'on ne retient qu'une limite, entre les notes 1 et 2. Au-delà si l'on augmente le nombre de classes, on accroît parallèlement le nombre de limites : le facteur subjectif devient dominant et l'analyse statistique des résultats n'est pas possible. En outre, un nombre élevé de classes demande une durée d'examen plus longue de chaque fruit et diminue le nombre d'unités examinées. Enfin, l'interaction des causes complexes du phénomène rend illusoire une grande précision dans le détail.

2. Toutefois, pour un essai restreint, limité à quelques arbres par exemple, où l'échantillonnage est nécessairement réduit, il est possible d'élargir l'échelle des notations ce qui implique la définition d'un barème *extrêmement précis* et pouvant être appliqué sans ambiguïté.

Ce barème peut être :

- quantitatif : surface atteinte par la rugosité, puis répartition en classes de surface,
- qualitatif : rugosité à taches petites, moyennes, grandes, en réseau ou en plaques, etc.

En l'absence d'un tel barème, il n'est pas impossible d'exécuter les calculs statistiques. Ils perdraient simplement en précision dans les meilleurs cas, ou feraient apparaître des différences significatives dues à des défauts d'échelle de mesure ou à l'influence de facteurs subjectifs sans rapport avec les causes directes du phénomène dans les plus mauvais cas.

3. Il est évidemment impossible d'illustrer tous les cas que l'on rencontre en expérimentation. Ceux qui sont figurés sur les planches II et III représentent un échantillonnage des aspects habituels que l'on rencontre à l'exclusion des cas particuliers comme par exemple les plages rugueuses dues au froid.

b) *Zones du fruit à examiner.*

Définition de 4 zones.

Pour étudier la répartition de la rugosité sur le fruit et établir les sensibilités des différentes parties, il a été défini 4 zones ainsi réparties :

- Zone 1. Cuvette pédonculaire
- Zone 2. Cuvette oculaire
- Zone 3. « Joutes », moitié oculaire
- Zone 4. « Joutes », moitié pédonculaire

Pour chaque zone, les notes 0, 1, 2 ci-dessus définies sont attribuées.

Les limites entre les zones 1 et 4 d'une part, 2 et 3 d'autre part, sont constituées par les lignes joignant les points les plus hauts au-dessus des cuvettes ; la limite entre les zones 3 et 4 est la ligne équatoriale du fruit (Cf. pl. I, fig. 4, 5 et 6).

Choix d'une zone d'observation.

Il existe une corrélation hautement significative entre l'intensité de la rugosité dans les zones 2, 3 et 4. Par contre, il n'y en a aucune entre la zone 1 et les trois autres. Ceci justifie la pratique commerciale qui ne décline les fruits que si la rugosité déborde de la cuvette pédonculaire.

On peut donc caractériser chaque lot de fruits par l'intensité de la rugosité dans deux zones seulement :

- la zone 1, dont l'observation est intéressante, mais qui n'a commercialement aucune importance,
- l'une des trois autres zones, et plus particulièrement la zone 3, qui est à la fois la plus sensible à la rugosité et celle qui conduit le plus souvent à un déclassement des fruits.

c) *Échantillonnage.*

Pour avoir une bonne idée du phénomène de rugosité, il convient d'établir l'expérimentation sur un nombre d'arbres suffisant : 10 est un minimum. L'échantillonnage doit être très large : un minimum de 500 fruits peut être examiné pour chaque traitement.

C. — ANALYSE DES RÉSULTATS ET REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

Le phénomène à observer, l'intensité de la rugosité, est mesuré par la répartition du nombre de fruits de l'échantillon choisi entre les trois classes 0, 1 et 2 pour chacune des zones retenues. On a donc affaire à une variable multinomiale.

Les distributions caractéristiques de chaque traitement ont donc été comparées statistiquement grâce au critère $2 \hat{I}$ (ARBONNIER, 1966). Ce dernier a été retenu de préférence au χ^2 en raison de sa très grande souplesse d'utilisation.

Les corrélations entre zones ont été établies d'une manière analogue en présentant les résultats sous forme de tables de contingence analysées par le critère $2 \hat{I}$.

L'existence dans tous nos essais d'une corrélation hautement significative entre l'intensité de la rugosité de chacune des zones 2, 3 et 4 rend inutile une éventuelle appréciation globale du phénomène par pondération des résultats de chaque zone. En effet, l'appréciation de la rugosité dans l'une quelconque de ces trois régions du fruit fournit une estimation précise de la rugosité sur les deux autres.

Les analyses effectuées ont en fait permis de simplifier encore l'interprétation. En effet, il est apparu que le classement des différents traitements rugogènes étaient identique que l'on considère les trois classes citées précédemment ou plus simplement le pourcentage des fruits indemnes de rugosité. On peut alors utiliser les techniques habituelles de l'analyse de variance appliquée à des données exprimées sous forme de pourcentage (ce qui nécessite leur transformation en arc sinus avant analyse).

L'influence des différents traitements est illustrée graphiquement en portant en ordonnée le pourcentage de fruits présentant de la rugosité dans la zone choisie. Un exemple complet d'analyse est fourni ci-après pour l'action de 3 produits de traitement.

D. — APPLICATION : ÉTUDE DE L'ACTION DE FONGICIDES

A titre d'exemple pour l'application de la méthode exposée ci-dessus, nous donnons le détail d'un essai qui a été réalisé à Versailles en 1967.

1. — *Matériel et méthode*

L'action de trois fongicides A, B, C a été étudiée sur des pommes de la variété *Golden Delicious*. Le dispositif employé est l'essai bloc, comprenant 5 répétitions par traitement et 1 arbre par parcelle élémentaire.

Les fongicides ont été appliqués dans le cadre d'un programme anti-tavelure ; 8 pulvérisations ont été réalisées, entre le 24 mars et le 26 mai. Les arbres traités n'ont reçu aucun autre traitement que le fongicide choisi. Les témoins n'ont eu aucun traitement.

L'échantillonnage a été de 100 fruits pour chacun des fongicides et pour le témoin, soit 20 pommes par arbre réparties sur toutes les orientations.

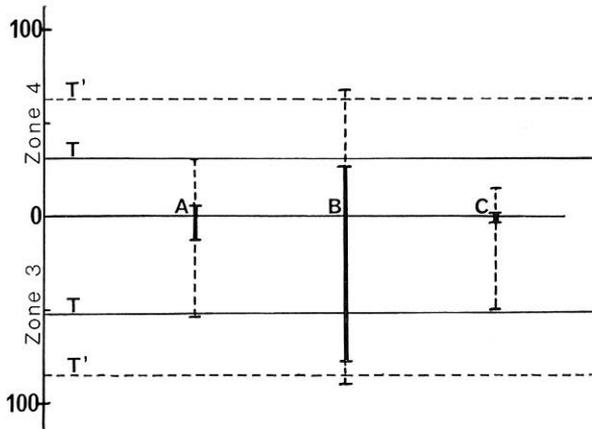


DIAGRAMME I

Action de trois fongicides A, B, C par rapport à un témoin n'ayant reçu aucun traitement

La rugosité est exprimée en pourcentage de fruits atteints pour les zones principales 3 et 4

En trait plein : rugosité forte

En pointillé : rugosité faible

Pour faciliter la comparaison, le témoin est représenté par des lignes horizontales :

T : niveau de rugosité forte

T' : niveau de rugosité totale

2. — Résultats

Les résultats du comptage, exprimés en pourcentage de fruits notés 0, 1 et 2 pour chaque zone, figurent dans le tableau 1. Les résultats pour les zones 3 et 4 sont représentés par le diagramme 1 : la zone 4 est figurée en haut et la zone 3 en bas, dans la position normale du fruit sur l'arbre.

3. — Analyse et conclusions

a) Valeur des zones.

Les corrélations entre zones résultant de la notation individuelle des fruits suivant les différents traitements ont été étudiées grâce à des tables de contingence, analysées par le critère statistique $2 \hat{I}$, obtenues à la suite de l'analyse ; elles fournissent une mesure de l'intensité de la liaison et sont réunies dans le tableau 2.

L'observation de ces résultats montre que :

1. Les corrélations entre les zones 3 et 4 d'une part, 2 et 3 d'autre part, sont toujours hautement significatives. Donc, en moyenne, les différents traitements induisent des effets analogues sur la rugosité des trois zones 2, 3 et 4.

2. Lorsque l'intensité de la rugosité est faible (produit A), les corrélations entre les zones 2 et 3 d'une part, 3 et 4 d'autre part, subsistent. Donc les effets des traitements peu inducteurs ou diminuant la rugosité se manifestent de façon analogue dans les trois zones 2, 3 et 4.

3. Lorsque l'intensité de la rugosité est forte, celle-ci est répartie de façon assez analogue dans toutes les zones du fruit. C'est le cas du témoin, où seules les zones 1 et 3 ne sont pas en corrélation.

TABLEAU I

*Résultats des comptages sur l'échantillon de 100 fruits pour chaque traitement**Témoin.*

Notes	Zones			
	1	2	3	4
0	6	7	15	37
1	10	21	33	32
2	84	72	52	31

Produit A.

Notes	Zones			
	1	2	3	4
0	13	23	46	69
1	15	27	41	25
2	72	50	13	6

Produit B.

Notes	Zones			
	1	2	3	4
0	12	8	10	32
1	24	15	12	41
2	64	77	78	27

Produit C.

Notes	Zones			
	1	2	3	4
0	20	31	49	85
1	32	35	47	14
2	48	34	4	1

TABLEAU 2

Matrice des valeurs de $2 \hat{I}$, pour la corrélation entre les zones 1, 2, 3 et 4
4 degrés de liberté $\chi^2_{0,01} = 13,277$

Les nombres en italique sont ceux qui sont significatifs

Témoin.

1				
2	24,580			
3	4,566	46,026		
4	21,728	23,830	52,618	
	1	2	3	4

Produit A.

1				
2	13,448			
3	7,090	39,158		
4	8,680	5,996	115,822	
	1	2	3	4

Produit B.

1				
2	9,388			
3	11,372	54,360		
4	33,176	26,298	17,122	
	1	2	3	4

Produit C.

1				
2	14,314			
3	3,128	59,022		
4	9,400	112,302	11,784	
	1	2	3	4

4. Quel que soit le traitement, la zone 1 est toujours la plus affectée par la rugosité. Ceci paraît constituer une caractéristique variétale de la Pomme *Golden Delicious*. Puisque d'autre part les zones 2, 3 et 4 sont systématiquement en corrélation, il suffit d'apprécier la rugosité dans une de ces zones pour estimer statistiquement la rugosité générale du fruit. Compte tenu de son importance commerciale prépondérante et de sa sensibilité élevée, c'est la zone 3 qui a été retenue pour l'observation de l'effet des traitements.

Remarque.

Lorsque l'intensité de la rugosité est particulièrement faible (ex. produit C), certaines zones peuvent en être presque complètement dépourvues. Dans ce cas, la corrélation entre ces zones moins sensibles et la zone 3 peut devenir non significative. C'est le phénomène inverse de ce qui est observé lorsque l'intensité de la rugosité est très forte, toutes les zones étant alors en corrélation.

b) *Comparaison des traitements.*

L'effet « bloc » n'étant pas significatif, une analyse de variance à 1 seul facteur contrôlé a été exécutée sur les pourcentages de fruits indemnes de rugosité dans la zone 3. Ces pourcentages ont été transformés en Arc sinus avant l'analyse pour se ramener à une distribution normale.

Le tableau d'analyse de la variance (tabl. 3) fait apparaître un effet traitement hautement significatif. La comparaison 2 à 2 des moyennes des différents traitements (tabl. 4) montre que le produit B ne diffère pas significativement du témoin ; par contre A et C, qui ne se différencient pas, augmentent significativement la proportion de fruits sans rugosité.

TABLEAU 3

Analyse de la variance à 1 facteur contrôlé

Source de variation	Sommes des carrés des écarts	Degrés de liberté	Carré moyen
Traitements	3 494,96	3	1 164,98
Erreur	2 211,06	16	138,19
Total	5 706,02	19	—
F. calculé =	8,43		
F. table { 5 % =	3,24		
{ 1 % =	5,29		
P.p.d.s. =	15,76		

Une analyse analogue exécutée sur le pourcentage noté 2 dans cette même zone 3 a donné des résultats tout à fait concordants, B ne différant pas du témoin et A et C présentant la plus faible proportion de fruits atteints de rugosité.

TABLEAU 4

Moyenne des traitements
(pourcentage de fruits indemnes de rugosité dans la zone 3)

	Moyennes (Arc sinus)
Témoïn	16,90
Produit B	17,44
Produit A	42,64
Produit C	44,50

Les moyennes des traitements qui ne diffèrent pas significativement sont réunies par une accolade.

CONCLUSION

Donc, en définitive, l'intensité de la rugosité, caractéristique d'un traitement, peut être très simplement appréciée par le pourcentage de fruits indemnes de rugosité dans la zone 3.

Reçu pour publication en juillet 1971.

SUMMARY

RUSSETING OF APPLES.

I. — EVALUATION METHOD AND ANALYSIS OF RESULTS

To study the action of russetting inducing factors an evaluation method must be defined. The apple is divided into four zones and the marks 0, 1 and 2 given according to intensity of russetting. The statistical analysis of results shows that zone 3 (ocular side « cheeks ») can be retained. An applied example is given : action of 3 fungicides.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANONYME, 1970. *Normalisation internationale des fruits et légumes : pommes et poires*, 1 fasc. O. C. D. E. Paris.
- ARBONNIER P., 1966. L'analyse de l'information. Aperçu théorique et application à la loi multinomiale. *Ann. Sci. forest.*, **22**, 4, 951-1020.
- BELL M. P., 1937. The protective layers of the apple. *Canad. J. Res.*, **15**, C, 391-402.
- BONDOUX P., 1969. La rugosité (russetting) de la Pomme *Golden delicious*. Stades d'induction. *Pomol. fr.* **11**, 5, 141-149.

- BONDOUX P., BIDABÉ B., BRIANC. 1971. La rugosité (russeting) des pommes. II. Stades d'induction. *Ann. Phytopath.*, **3**, 317-327.
- PERRAUDIN G., FAVRE Ch., EVEQUOZ M., 1962. Quelques résultats tirés d'essais de conservation de la variété *Golden delicious*. *Arbor. fruit.*, n° 96, 12-16.
- TUKEY L. D., 1959. Observations on the russeting of apples growing in plastic bags. *Proc. Amer. Soc. hort. Sci.*, **74**, 30-39.

PLANCHE I

Définition de la rugosité: zones de la Pomme

FIG. 1 à 3 : Coupes radiales, faites au moment de la cueillette, au microtome à congélation, vues au microscope après coloration au soudan III.

1. Pomme *Golden Delicious* normale.
2. Pomme *Reinette grise du Canada*, à rugosité naturelle.
3. Pomme *Golden Delicious* à rugosité accidentelle.

A : Assise génératrice phellogène.

C + E : Cuticule + épiderme, ce dernier n'étant plus visible à ce stade.

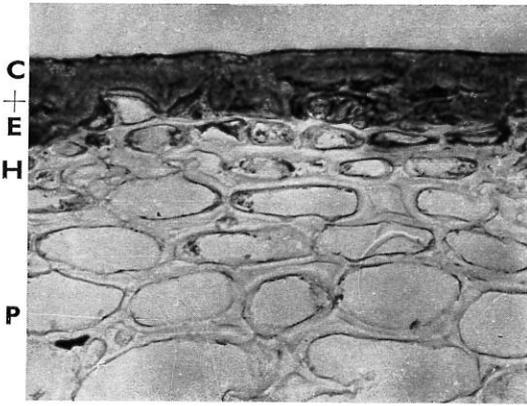
H : Hypoderme.

L : Liège ou suber.

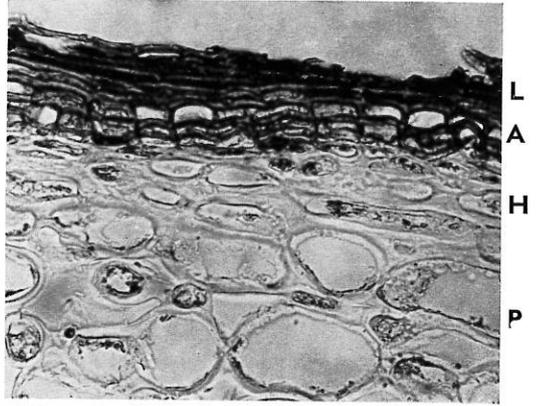
P : Parenchyme du tube andropérianthe.

FIG. 4 à 6 : Les zones et leurs limites.

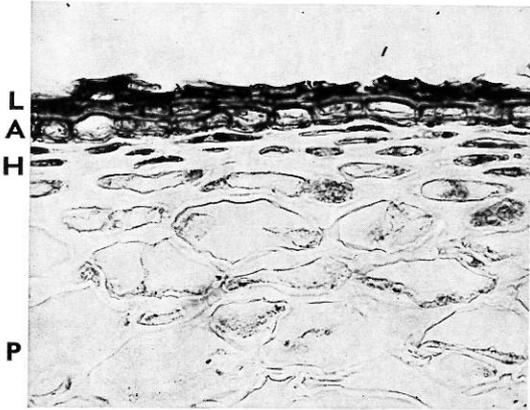
1. Cuvette pédonculaire.
2. Cuvette oculaire.
3. « Jous », côté oculaire.
4. « Jous », côté pédonculaire.



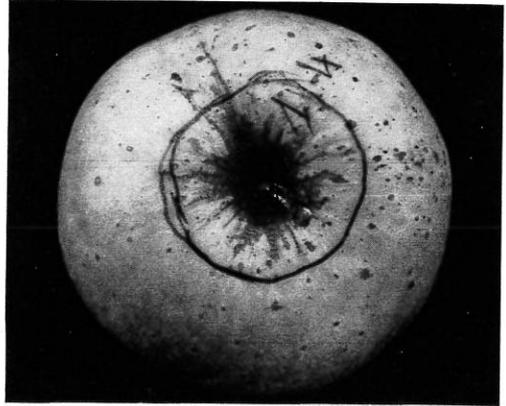
1



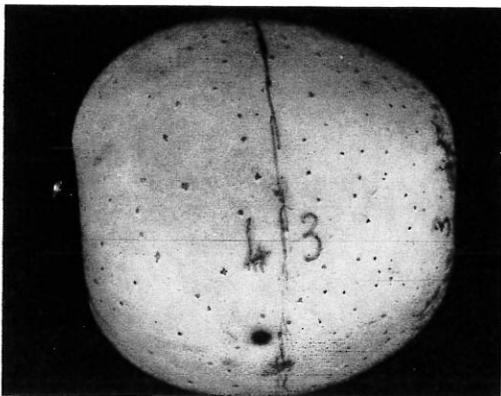
2



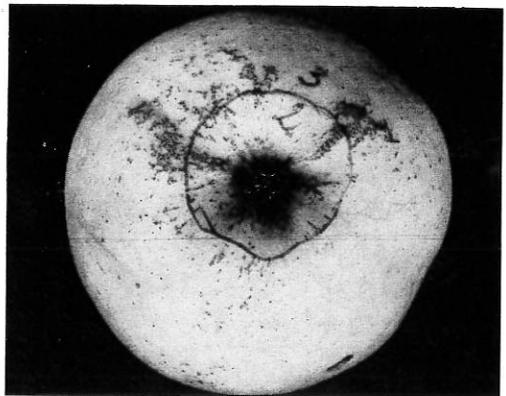
3



4



5

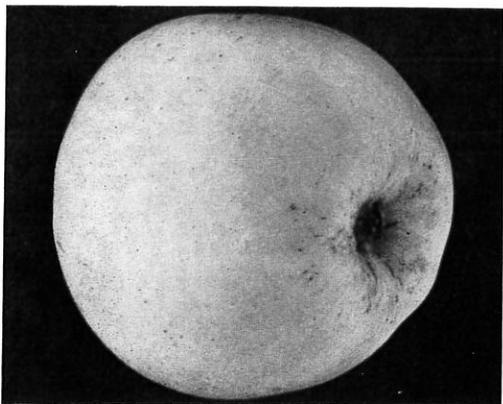


6

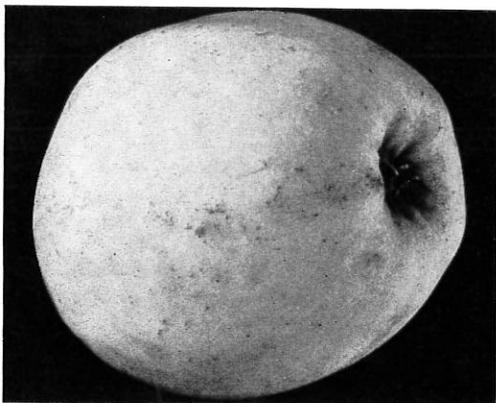
PLANCHE II

Rugosité faible

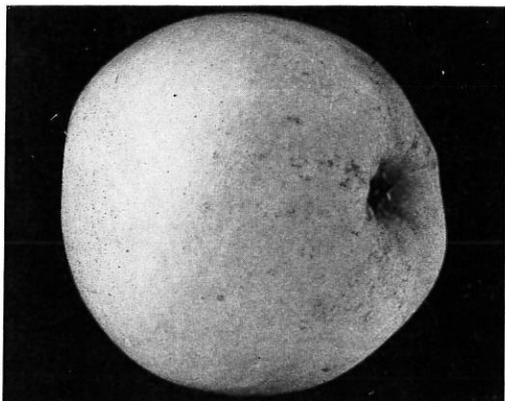
Les figures 5 et 6 sont des cas limites.



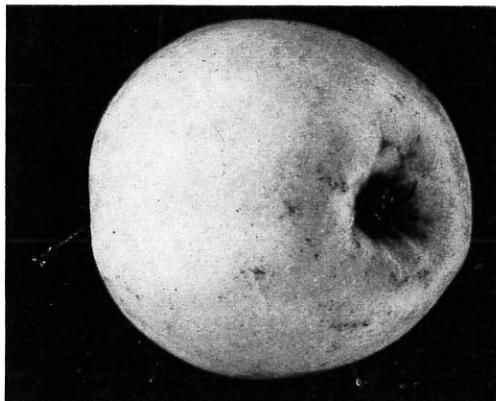
1



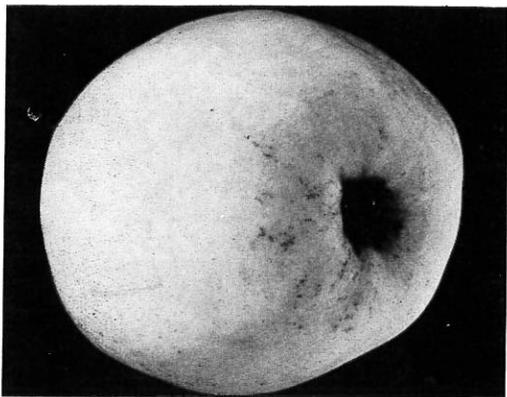
2



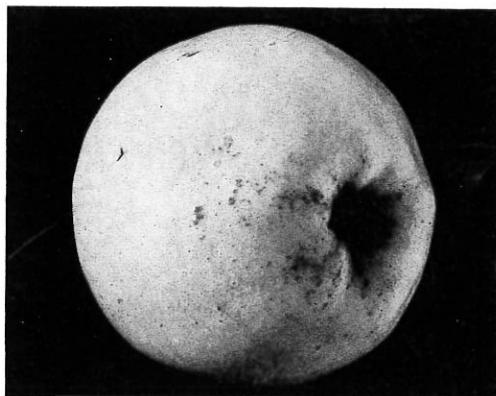
3



4



5

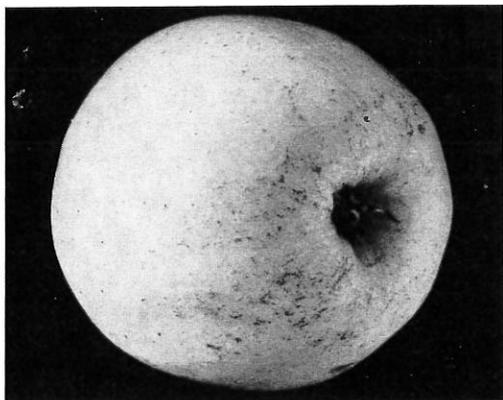


6

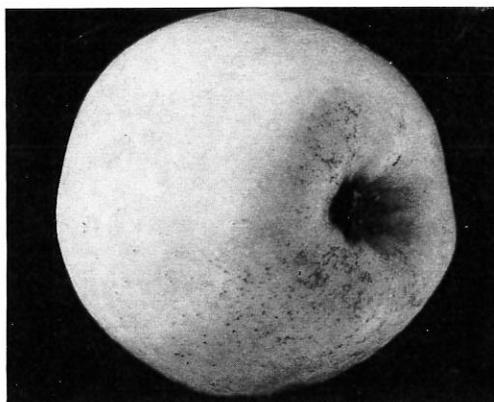
B. BIDABÉ, C. BRIAN et P. BONDOUX

PLANCHE III

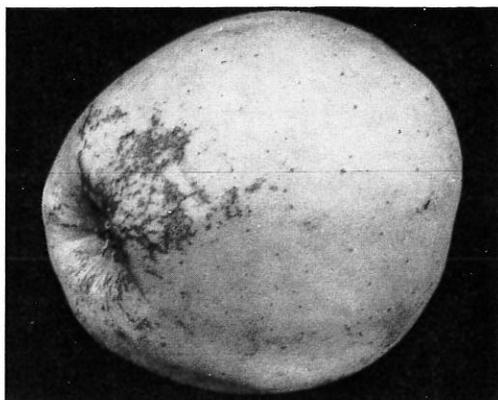
Rugosité forte



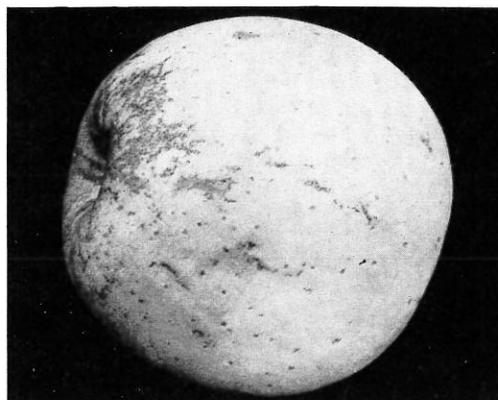
1



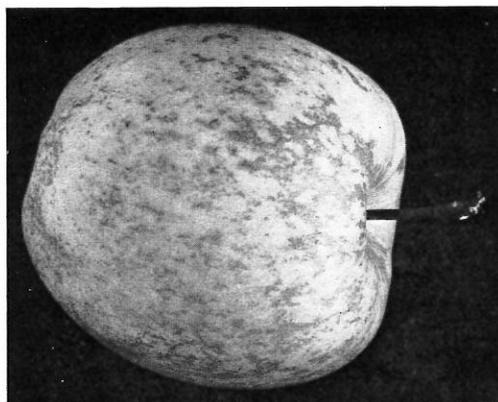
2



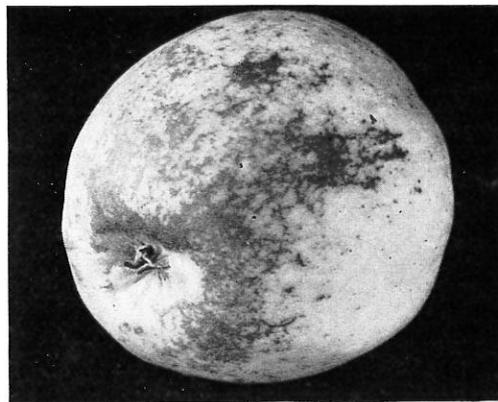
3



4



5



6

