

Evolution de la différence de potentiel électrique à travers l'épiderme des prunes, des pommes et des raisins pendant leur maturation

par J. MOURGUES, J. MAUGENET, C. JOURET et J.L. PUECH *

EVOLUTION DE LA DIFFERENCE DE POTENTIEL ELECTRIQUE A TRAVERS L'EPIDERME DES PRUNES, DES POMMES ET DES RAISINS PENDANT LEUR MATURATION

J. MOURGUES, J. MAUGENET, C. JOURET et J.L. PUECH
Fruits, juin 1971, vol. 26, n° 6, p. 449-455.

RESUME - Les auteurs ont étudié pendant la maturation, l'évolution de la différence de potentiel électrique à travers l'épiderme de fruits recouvert d'une cire cuticulaire comme les prunes, les pommes et les raisins.

La détermination de cette mesure s'effectue à l'aide de deux électrodes impolarisables dont l'une est placée à l'extérieur du fruit dans une solution de Na Cl à 8,5 g/l et l'autre à l'intérieur dans une région proche du pédicelle ; le fruit est immergé seulement au quart dans la solution saline.

La différence de potentiel qui est en relation avec la perméabilité de l'épiderme à la vapeur d'eau, diminue au cours de la maturation et pourrait servir de test de maturité. Les essais seront repris en reliant directement cette mesure au degré réfractométrique du jus de chaque fruit dans le cas de la prune d'Ente.

INTRODUCTION

Parallèlement aux méthodes chimiques, des tests physiques ont été proposés pour suivre la croissance et la maturation des fruits. Parmi ceux-ci figurent quelques déterminations électrométriques. C'est ainsi qu'ont été suivies au cours de leur développement et sur les fruits en place, les évolutions du potentiel oxydoréducteur des baies de raisin (DEIBNER, MOURGUES, 1966b, 1967, MOURGUES, BOURZEIX, 1968) et de l'impédance des pêches (WEAVER, JACKSON, 1966). Ces deux mesures sont effectuées sur la chair des fruits ; la première peut servir de test de maturité étant donné sa dépendance trop importante des conditions extérieures notamment de la température. Par contre, l'impédance est un test objectif de maturité pour les pêches et une relation significative existe entre cette détermination et le diamètre du fruit.

D'autres mesures électrométriques peuvent être effectuées non plus sur la pulpe mais sur l'épiderme des fruits. Celui-ci dans le cas de la prune d'Ente est recouvert d'une cire cuticulaire (BAIN, MAC BEAN, 1967 et 1969) qui permet une régulation de la transpiration du fruit au cours de la maturation et qui constitue une barrière pour le passage de la vapeur d'eau au cours du séchage. Or, comme l'a montré BEAMENT en 1961 en étudiant la transpiration des insectes à cuti-

(*) - Station d'Oenologie et de Technologie végétale, Narbonne (11), Laboratoire de Technologie des Produits végétaux, Centre de Toulouse, Auzeville (31). (Institut national de la Recherche agronomique).

cule, il y a une analogie entre la perméabilité à la vapeur d'eau des membranes biologiques à couche de lipides orientés et la différence de potentiel électrique à travers ces membranes. Cette constatation a été confirmée par DUDMAN (1962), et RADLER (1965) : le trempage des raisins "sultanine" dans une émulsion huileuse alcaline provoque des modifications physicochimiques de la cire entraînant une rapide chute de la différence de potentiel à travers la pellicule et un séchage plus rapide des baies.

Nous avons pensé qu'il serait utile de voir l'évolution de la différence de potentiel à travers l'épiderme des prunes d'Ente pendant leur maturation en déterminant parallèlement sur l'ensemble des lots testés, les données analytiques classiques : pH, acidité totale, sucres, degré réfractométrique.

Par la suite cette étude a été étendue à d'autres fruits à épiderme cireux comme la pomme et le raisin.

MATÉRIEL ET TECHNIQUES UTILISÉS

FRUITS ETUDIÉS

Les prunes ont été récoltées dans des vergers de coteau non irrigué du Domaine expérimental d'Arboriculture fruitière (INRA) de BOURRAN (47).

Les pommes ont été fournies par la SACPA D'AIGUILLON (47) en 1968 et par le Domaine des POUZETS par NARBONNE (11) en 1969.

Les raisins proviennent soit du domaine expérimental (INRA) de PECH-ROUGE par GRUISSAN (11) soit de divers vignobles du département de l'Aude.

Dans tous les cas, seuls les fruits sains ou ne présentant aucune blessure ou maladie ont été utilisés pour les diverses déterminations.

TECHNIQUES ANALYTIQUES

• Différence de potentiel à travers l'épiderme :

Les mesures de différence de potentiel ont été faites selon la technique décrite par DUDMAN (1962). Les fruits sont immergés au quart dans une solution de Na Cl à 8,5 g/l ; une petite électrode non polarisable est introduite dans la région proche du pédicelle qui se trouve à l'air libre tandis qu'une autre électrode est placée dans la solution. Les électrodes de référence utilisées (électrodes au calomel ou mieux électrodes Ag - Ag Cl dans K Cl M) ont été fournies par la *Sé* HEITO, 13 rue Augereau, Paris 7^e. Elles sont identiques à celles utilisées pour déterminer le potentiel oxydoréducteur des baies de raisin (I BIBNER, MOURGUES, 1966a). D'une longueur totale de 65 mm et d'un diamètre de 5 mm, la partie terminale effilée est munie d'un éperon de platine qui permet la pénétration facile de l'électrode dans le fruit.

Les différences de potentiel entre l'intérieur et l'extérieur des fruits sont mesurées à l'aide d'un potentiomètre portatif Photovolt modèle 126.

Les résultats sont donnés en millivolts et en valeurs absolues, l'intérieur du fruit étant négatif par rapport à l'extérieur selon DUDMAN (1961). Nous avons tenu compte dans les résultats des faibles écarts qui existent entre les deux électrodes de référence ; celles-ci sont testées à blanc dans la solution de Na Cl avant chaque série de mesures.

Une seule détermination est effectuée sur chaque fruit car nous avons vérifié que la différence de potentiel à travers les diverses faces des fruits sains est très voisine, l'écart étant en moyenne de 5 mV. Les mesures se font également sur des fruits ne subissant ni lavage à l'eau, ni polissage de la surface à l'aide d'un torchon ; ce dernier traitement diminue de façon très nette la différence de potentiel à travers l'épiderme (tableau 1). Cette diminution peut être expliquée par des modifications de la surface de la cire des fruits ; dans le cas de la prune et du raisin, le polissage fait disparaître le velouté du fruit, la coloration de l'épiderme apparaissant nettement. Au microscope électronique, BAIN et MAC BEAN (1967) constatent qu'un polissage léger des prunes

TABLEAU 1 - Influence du polissage des fruits sur les valeurs de la différence de potentiel à travers l'épiderme. (Les résultats exprimés en mV concernent les moyennes de 20 mesures faites sur 20 fruits, accompagnées de l'intervalle de confiance de la moyenne).

Variété	Date de récolte	Surface non polie	Surface polie
Prune d'Ente	4 septembre 1969	50 ± 10	11 ± 5
Clone P. 707 sur porte-greffe 8. 1	17 septembre 1969	30 ± 8	4 ± 2
Pomme Golden	29 septembre 1969	65 ± 3	5 ± 1
Raisin 18 315 S. V	28 septembre 1969	36 ± 5	10 ± 4

d'Ente altère les couches superficielles de la cire et qu'un polissage plus énergique détruit la structure en tuile des plaques de cire. Des constatations analogues ont été faites par SKENE (1963) sur la pomme Golden. En outre, il n'est pas exclu que se développe une électricité statique à la surface de l'épiderme.

Toutes les mesures ont donc été effectuées sur des fruits non essuyés et sans prendre en considération les faces colorées des fruits. Les résultats concernent les moyennes de 20 mesures faites sur 20 fruits, accompagnés de l'intervalle de confiance de la moyenne. Comme ce test statistique est peu rigoureux pour comparer deux séries de mesures, nous avons fait des analyses de variance pour voir les différences significatives selon LISON (1958).

• Autres déterminations analytiques :

Les analyses des prunes sont faites selon les modalités décrites par JOURET, MAUGENET et MESNIER (1969).

Dans le cas des pommes on broie au mixer 15 quartiers prélevés sur 15 fruits après enlèvement des pépins.

Le pH et le degré réfractométrique sont déterminés sur la pulpe broyée, l'acidité à pH 7 et 8, 1 sur 10 g de pulpe additionnés de 20 ml d'eau. Ensuite 250 g de pulpe sont ramenés à 1 litre ; le tout est porté au bain-marie pendant 30 minutes et les sucres réducteurs sont dosés, selon la méthode Bertrand, sur le jus filtré et déféqué au sulfate acide de mercure.

Dans le cas du raisin, le pH, l'acidité à pH 7 et les sucres par réfractométrie sont déterminés sur les jus de presse.

RÉSULTATS

PRUNE :

La différence de potentiel à travers l'épiderme des prunes d'Ente diminue de façon significative au cours de la maturation (tableaux 2 et 5) pour atteindre des valeurs très basses à maturité complète. C'est ainsi qu'elle tombe en 1969 à 8 mV pour les prunes du clone P. 707 et à 20 mV pour les prunes du clone P. 707 sur porte-greffe 8. 1 à maturité plus tardive.

Comparativement aux prunes d'Ente, les prunes Stanley sont caractérisées par une différence de potentiel très basse.

POMME :

Comme l'indique le tableau 3 la différence de potentiel à travers l'épiderme des pommes accuse une baisse en fin de maturation ; les valeurs de ce potentiel à ce stade varient selon l'année, la situation et la variété. Les augmentations légères constatées en 1968 entre les pommes vertes et tournantes, significatives le 14 septembre et non significatives le 16 septembre (tableau 5), n'ont pas été retrouvées en 1969 ; elles ne peuvent être prises en considération.

TABLEAU 2 - Maturation de la prune.

Variétés	Date de récolte des échantillons et stade de maturité	Différence de potentiel (en mV)	pH	Acidité totale (még/l)		Sucres réducteurs avant inversion (g/l)	Sucres réducteurs totaux (g/l)	Saccharose (g/l)	Degré réfractométrique à 20°C (en Brix)
				pH 7,0	pH 8,1				
Prune d'Ente	5 septembre 1968								
	- dures	53 ± 7	3,62	93	103	102	187	80,7	22,9
Clone P. 707	- demi dures	45 ± 9	3,68	78	88	96	184	83,1	21,7
	- mûres	31 ± 8	3,80	63	73	92,5	190	92,6	22,7
sur porte-greffe 8.1	4 septembre 1969								
	- mûres	42 ± 5	3,68	82	90	-	-	-	-
	16 septembre 69								
	- mûres	20 ± 6	3,80	71	80	85,3	210,3	118,7	25,1
Prune d'Ente	3 septembre 69								
Clone P. 707	- dures	42 ± 6	3,58	88	96	-	-	-	-
	- mûres (secouage léger)	35 ± 9	3,73	61	67	76,3	132,4	56,1	21,1
	16 septembre 69								
	- mûres	8 ± 4	3,80	55	61	82,2	187,8	100,3	22,1
Prune Stanley	2 septembre 1969								
	16 septembre 69	13 ± 5	3,46	70	76	76,5	155,1	74,7	15,4
		9 ± 4	3,77	80	87	78,9	159,3	76,4	19,5

TABLEAU 3 - Maturation de la pomme.

Variété et origine	Date de récolte des échantillons et stade de maturité	Différence de potentiel (en mV)	pH	Acidité totale (még/kg)		Sucres réducteurs (g/kg)	Degré réfractométrique de la pulpe à 20°C
				pH 7	pH 8,1		
Golden (Aviguillon, 47)	14 septembre 1968						
	- vertes	35 ± 5	3,50	45	52	94,3	-
	- tournantes	44 ± 5	3,55	43	47	110,1	-
	- mûres	26 ± 4	3,75	38	43	130,4	-
	19 septembre 1968						
	- vertes	38 ± 4	3,53	50	54	92,9	-
	- tournantes	40 ± 3	3,75	41	47	94,6	-
	- mûres	28 ± 3	3,65	45	49	125,0	-
Golden (Narbonne, 11)	29 septembre 1969						
	- vertes	65 ± 3	3,32	56	58	102,8	10
	13 octobre 1969						
	- tournantes	58 ± 5	3,34	52	57	115,9	12,5
	- mûres	45 ± 5	3,65	43	46	104,0	12,2
Richared (Narbonne, 11)	29 septembre 1969						
	- vertes	50 ± 5	3,64	28	33	86,0	8,5
	13 octobre 1969						
	- mûres	37 ± 3	3,67	28	32	92,2	10,5

La diminution de la différence de potentiel en fin de maturation pourrait expliquer le fait que le caractère "perte de poids" au cours de l'entreposage en frigorifique est lié à l'époque de la cueillette (BIDABE, LE LEZEC, BABIN, 1969). Ainsi les fruits récoltés prématurément ayant une différence de potentiel à travers l'épiderme plus élevée ont une tendance plus marquée au flétrissement due à une perméabilité plus grande de l'épiderme à la vapeur d'eau.

De même un rapprochement peut être fait avec la perméabilité sélective aux gaz respiratoires et notamment au gaz carbonique; en effet, MARCELLIN et SOUDAIN (1967) ont montré que la perméabilité de la cuticule à ce gaz diminuait au cours de la croissance et de maturation des fruits.

RAISIN :

La différence de potentiel à travers la pellicule des baies de Carignan passe de 45 à 18 mV au cours de la maturation (tableau 4).

TABLEAU 4 - Maturation du raisin en 1969.

Cépage et origine	Date de la récolte	Différence de potentiel (en mV)	pH	Acidité totale (en méq/l) à pH 7	Sucre (g/l) (par réfractométrie)
Carignan noir Gruissan, 11	7 août : (baies vertes)	45 ± 19	2,50	440	-
	25 août : (baies vérees)	30 ± 8	2,8	230	135,9
	19 septembre (baies mûres)	18 ± 5	3,0	150	175,1
Rozaki Gruissan, 11	23 septembre	22 ± 4	2,7	214	114,7
Cinsault Gruissan, 11	23 septembre	11 ± 3	3,1	98	175,1
Grenache noir Gruissan, 11	23 septembre	10 ± 3	2,9	118	181,8
12. 375 S.V Gruissan, 11	23 septembre	5 ± 2	2,8	140	184,0
Aramon Fanjeaux, 11	28 septembre	13 ± 1	2,9	224	159,7
18. 315 S.V Fanjeaux, 11	28 septembre	36 ± 7	2,9	184	164,1

Malgré la variabilité très grande des mesures notamment dans le cas des baies vertes, la décroissance est significative (tableau 5).

Les valeurs du potentiel trouvées sur les baies de cépages prélevées le même jour au Domaine de PECH-ROUGE sont en relation inverse avec la richesse en sucre de la pulpe (tableau 4).

Par contre, cette loi n'est plus respectée sur les prélèvements effectués à FANJEAUX dans un vignoble différent à maturité plus tardive. L'épaisseur de la pellicule particulièrement importante dans le cas des baies du S.V 18 315, un hybride interspécifique producteur direct, est peut-être responsable de la valeur élevée de différence de potentiel.

TABLEAU 5 - Analyse de variance des données de la différence de potentiel à travers l'épiderme. Séries comparées et valeurs de F. pour les différences significatives (*) et hautement significatives (**).

Prunes	Pommes	Raisins
Prune d'Ente P. 707/8.1 : - 5 septembre 1968 : dures/mûres 176,00 ** - 4 septembre 1969/16 septembre 1969 38,5 **	Golden 1968 : - 14 septembre vertes/tournantes 9,0 ** tournantes/mûres 44,2 ** - 19 septembre vertes/mûres 15,4 **	Carignan 1969 : - 7 août/25 août 7,7 ** - 25 août/19 septembre 8,8 **
Prune d'Ente P. 707 1969 : - 3 septembre dures/16 septembre 32,8 **	Golden 1969 : - 29 septembre/13 octobre tournantes 5,1 * - 13 octobre tournantes/mûres 11,8 **	
Prune Stanley 1969 : - 2 septembre/16 septembre 39,6 **	Richard 1969 : - 29 septembre/13 octobre 14,3 **	

DISCUSSION ET CONCLUSION

Les valeurs de la différence de potentiel représentent les moyennes de 20 mesures ; l'intervalle de confiance de la moyenne de ces valeurs varie selon l'homogénéité des lots de fruits. La variabilité aurait pu être réduite en sélectionnant plus rationnellement l'échantillonnage et en effectuant pour cela des déterminations analytiques sur chaque fruit et non sur l'ensemble des lots.

En outre, nous ne connaissons pas l'influence des traitements par les pesticides sur la cire cuticulaire des fruits.

Malgré ces restrictions nous pouvons affirmer que la différence de potentiel à travers l'épiderme diminue de façon significative au cours de la maturation des prunes, poires et raisins.

Cette mesure pourrait servir de test de maturité, elle présente l'avantage d'être rapide et de ne pas détruire le fruit. En outre, avec quelques modifications d'appareillage, les mesures peuvent être effectuées sur les fruits non détachés.

C'est pourquoi les essais seront repris dans le cas de la prune d'Ente sur des lots plus importants de fruits et en reliant pour chaque fruit les valeurs de différence de potentiel à travers l'épiderme au degré réfractométrique du jus. Cette donnée est couramment utilisée pour déterminer la maturité technologique de la prune d'Ente ; elle est d'ailleurs en relation avec la densité des fruits d'où la possibilité de triages industriels par bains densimétriques (JURET, MAUGENET, 1967).

BIBLIOGRAPHIE

- BAIN (J.N.), MAC BEAN (D.M.). 1967. The structure of the cuticular wax prune plums and its influence as a water barrier. *Aust. J. Biol. Sci.*, 20, 896-900.
- BAIN (J.N.), MAC BEAN (D.M.). 1969. The development of the cuticular wax layer in prune plums and the changes occurring in it during drying. *Aust. J. Biol. Sci.*, 22, 101-110.
- BEAMENT (J.W.L.). 1961. Electrical properties of oriented lipid on a biological membrane. *Nature*, 4785, 217-221.
- BIDABE (R.), LE LEZEC (M.), BABIN (J.). 1969. La qualité des pommes en relation avec les époques de cueillette et de consommation. *Bull. Techn. Inf. Min. Agric.*, 242, 621-632.

- DEIBNER (L.), MOURGUES (J.). 1966a. Sur la mesure électrométrique du potentiel physiologique des végétaux supérieurs et en particulier de la vigne in situ et à l'abri de l'air.
C.R. Ac. Sci., 262, Série D, 2353-2356.
Rev. Gén. Bot., 73, 641-679.
- DEIBNER (L.), MOURGUES (J.). 1966b. Etude du potentiel physiologique de la vigne in situ et à l'abri de l'air. Evolution du potentiel des baies de raisin rouge au cours de la maturation.
C.R. Acad. Sci., 262, série D, 2597-2600.
- DEIBNER (L.), MOURGUES (J.). 1967. Etude du potentiel physiologique de la vigne in situ et à l'abri de l'air. Evolution du potentiel des baies de raisin rouge au cours de la maturation. A. Expérimentation en 1964
B. Expérimentation en 1965.
Conclusions générales.
Rev. Gén. Bot., 74, 30-56 ; 57-80.
- DUDMAN (W.F.). 1962. The dipping of sultanias.
Aus. J. Sci., 25, 168.
- JOURET (C.), MAUGENET (J.). 1967. Maturation de la prune d'Ente ; relation entre la densité, le volume et le degré réfractométrique des fruits.
C.R. Acad. Agri., 231-241.
- JOURET (C.), MAUGENET (J.), MESNIER (Y.). 1969. Maturation de la prune d'Ente : évolution de la composition chimique du fruit.
Ind. alim. agric., n° 6, 795-799.
- MARCELLIN (P.), SOUDAIN (P.). 1967. Perméabilité sélective de l'épiderme des pommes aux gaz respiratoires.
Colloque DGRST "Membranes à perméabilité sélective", Paris 1-3 février, 337-343.
- MOURGUES (J.), BOURZEIX (M.). 1968. Evolution de l'état d'oxydoréduction et de la teneur en flavonols et anthocyanes du raisin, au cours de son développement.
Ann. Technol. agric., 17, n° 1, 53-66.
- RADLER (F.). 1965. Reduction of loss of moisture by the cuticule wax components of grapes.
Nature, 5000, 1002-1003.
- SKENE (D.S.). 1963. The fine structure of apple, pear and plum fruit surface, their change during ripening and their response to polishing.
Ann. Bot. Lond. N.S., 27, 581-587.
- WEAVER (G.M.), JACKSON (H.O.). 1966. Electric impedance, an objective index of maturity in peach.
Can. J. Plant. Sci., 46, 323-326.



COMPTEURS A MAIN
pour
plantations
ou vergers



INSTRUMENTS
DE MESURE
ET DE CONTROLE
DE PRECISION

BLET

132, Fg-St-Denis PARIS (X^e)
Tél. COMbat 44.16 (3 lignes gr.)
TELEX: BLET PARIS N° 23.889
BORDEAUX • LYON • STRASBOURG

SIMA, Bat. 1, Allée A St 52