

Caractérisation biochimique du métabolisme anaérobie de l'abricot, incidence variétale.

F.X. SAUVAGE, C. VERRIES, J. SARRIS,
S. BITTEUR, M. SOUTY et J.P. ROBIN*

BIOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE ANAEROBIC METABOLISM OF APRICOT, INCIDENCE OF VARIETY.

F.X. SAUVAGE, C. VERRIES, J. SARRIS, S. BITTEUR,
M. SOUTY and J.P. ROBIN.

Fruits, Sep.-Oct. 1991, vol. 46, n° 5, p. 601-609.

ABSTRACT - Experiments were carried out during the past five years to study the changes in the biochemical characteristics of four Apricot cultivars (**Tirynthe**, **Bergeron**, **Polonais** and **Rouge du Roussillon**) harvested in the Languedoc-Roussillon region and submitted to an anaerobic treatment. Activities of enzymes such as aspartate and alanine transferases, malate dehydrogenase, malic enzyme and alcohol dehydrogenase, rate of ethanol production were determined. Changes in the content of volatile compounds were also studied. Results show that the main metabolic mechanisms involved into the anaerobiosis are similar to those observed for the grape under the same conditions. Moreover, the study leads to a more precise determination of optimal conditions for the anaerobic treatment of apricot and points out the large disparity in behaviour exhibited by the different varieties. **Polonais** and **Rouge du Roussillon** appear to be the most adapted to a technological valorization of this process.

CARACTERISATION BIOCHIMIQUE DU METABOLISME ANAEROBIE DE L'ABRICOT, INCIDENCE VARIETALE.

F.X. SAUVAGE, C. VERRIES, J. SARRIS, S. BITTEUR,
M. SOUTY et J.P. ROBIN.

Fruits, Sep.-Oct. 1991, vol. 46, n° 5, p. 601-609.

RESUME - Les expérimentations ont été effectuées durant les cinq dernières années afin d'étudier l'évolution des caractéristiques biochimiques de quatre variétés d'abricot (**Tirynthe**, **Bergeron**, **Polonais** et **Rouge du Roussillon**) récoltées dans le Languedoc-Roussillon, et soumises à un traitement d'anaérobiose. Les activités d'enzymes telles que aspartate et alanine transaminases, malate déshydrogénase, enzyme malique et alcool déshydrogénase, la vitesse de synthèse de l'éthanol ainsi que la teneur en composés volatils ont été déterminés. Les résultats montrent que les principaux mécanismes métaboliques impliqués dans la réponse à l'anaérobiose sont similaires à ceux observés pour le raisin placé dans les mêmes conditions. L'étude conduit de plus, à préciser les conditions optimales du traitement d'anaérobiose de l'abricot et souligne la grande disparité de comportement des différentes variétés. Les variétés **Polonais** et **Rouge du Roussillon** sont les mieux adaptées à la valorisation technologique par ce traitement.

Mots clés : abricot, fruit, métabolisme anaérobie, anaérobiose, enzyme, arôme, éthanol, technologie.

INTRODUCTION

Les abricots possèdent, comme d'autres fruits, la propriété de s'autotransformer lorsqu'ils sont placés dans une atmosphère appauvrie en oxygène. Ils subissent alors un métabolisme de type fermentaire, appelé Métabolisme Anaérobie (MA). Cette fermentation intracellulaire, mise en évidence dans la baie de raisin par FLANZY en 1935 à propos

de la vinification par macération carbonique, a depuis fait l'objet d'études approfondies (FLANZY *et al.*, 1974 ; FLANZY, 1978). Les travaux publiés à propos de l'anaérobiose carbonique de l'abricot sont beaucoup plus rares. CHAMBROY et FLANZY (1985) ainsi que VALENTE *et al.* (1988), s'y sont intéressés dans le but d'élaborer de nouveaux produits transformés. L'existence du MA de l'abricot est actuellement confirmée et les divers phénomènes qui en résultent ont lieu avec une intensité comparable à celle observée dans le cas du raisin.

* - SAUVAGE, VERRIES, SARRIS, ROBIN - Laboratoire de Biochimie métabolique et Technologie, IPV, INRA - Montpellier.
BITTEUR - Laboratoire des Arômes et des Substances naturelles, IPV, INRA - Montpellier.
SOUTY - Laboratoire de Technologie et Biochimie appliquée, INRA - Montfavet.

L'effet du MA sur les caractéristiques biochimiques du fruit n'a pas, jusqu'à présent, fait l'objet d'étude systématique ; cette connaissance paraît cependant indispensable

pour tirer le meilleur parti du processus métabolique mis en oeuvre. Les seuls éléments que l'on possède à ce jour sur ce point concernent la cinétique du dégagement de l'éthanol (CHAMBROY et FLANZY, 1985) et l'analyse des composés volatils (BITTEUR *et al.*, 1990).

Le rapport de synthèse que nous présentons est basé sur des résultats d'expérimentations réalisées, depuis 1985, sur le MA de diverses variétés d'abricot. A travers des déterminations biochimiques telles que production d'éthanol, profil aromatique et activité de certaines enzymes, on a tenté de caractériser l'aptitude technologique d'autotransformation de ces variétés.

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal.

Quatre variétés principales d'abricot, caractéristiques de la production du midi de la France, **Bergeron** et **Tirynthe**, variétés à «évolution lente», **Polonais** et **Rouge du Roussillon**, variétés à «évolution rapide», ont été utilisées pour ces expérimentations. Ces variétés ont été choisies et fournies par le Laboratoire abricotier de la Station de Recherches Fruitières de Montfavet, en collaboration avec la SICA CENTREX des Pyrénées orientales.

Les fruits de calibre 2A, récoltés à maturité commerciale, sont triés manuellement pour obtenir des lots homogènes et comparables entre eux, en éliminant les fruits trop verts ou trop mûrs. Des échantillons de 2 kg de ces fruits entiers mûrs mais fermes constituent le matériel de départ de nos expérimentations.

Mise en anaérobiose.

Les lots d'abricots devant subir l'anaérobiose sont introduits dans des bocaux Keller de 4 l et balayés par un courant de gaz carbonique, jusqu'à saturation ; celle-ci est contrôlée par l'analyse en chromatographie gazeuse d'une aliquote de l'atmosphère des enceintes (dosage du CO₂, de l'oxygène et de l'azote) selon CHAMBROY (1981). Ce contrôle est répété chaque jour pendant toute la durée de l'anaérobiose, et lorsque le taux de CO₂ devient inférieur à 99 p. 100, la saturation de l'enceinte est renouvelée. Après la saturation initiale, les bocaux sont placés dans des chambres thermostatées à 15, 20, 25, 30 ou 35°C, selon les expériences. Dans ces conditions, l'anaérobiose est maintenue pendant une durée maximale de 14 jours.

Analyses diverses.

La mesure de paramètres généraux tels que pH, acidité, teneurs en sucres, en certains acides organiques (citrate et malate), est effectuée sur les broyats d'abricots dénoyautés, soit au départ (témoins), soit après chaque période d'anaérobiose, par les méthodes classiques de l'oenologie. La détermination de l'azote total dans les broyats est réalisée après minéralisation et dosage colorimétrique par réaction de Berthelot automatisée sur Technicon.

Cinétique du Métabolisme Anaérobie.

La vitesse du métabolisme anaérobie et son intensité sont déterminées par le suivi de la quantité d'éthanol dégagé dans l'atmosphère des bocaux (en poids ou en mole par kg). Ce composé est mesuré par chromatographie en phase gazeuse d'une aliquote du gaz au-dessus des fruits selon SARRIS *et al.* (1987).

La quantité d'éthanol réellement formé dans le fruit au terme de chaque durée d'anaérobiose est mesurée également par la méthode de l'espace de tête, sur un broyat des fruits contenant du n-propanol comme étalon interne (SARRIS *et al.*, 1987).

Préparation des extraits enzymatiques.

A l'issue de la période d'anaérobiose fixée, les abricots sont pesés puis dénoyautés. Quatre cent grammes d'oreillons ainsi obtenus sont prélevés au hasard et rapidement broyés, à 4°C, à l'aide d'un «warring blender» (30 s à 13.000 rpm), dans 400 ml de tampon Tris-CH1 1 M, pH 8,5, contenant 20 mM de mercapto-2 éthanol, 10 mM d'EDTA, 20 mM de chlorure de calcium, 20 p. 100 (v/v) de glycérol, 3 p. 100 (p/v) de Triton X-100 et 2 p. 100 (p/v) de polyvinylpyrrolidone (PVP 25, Serva). Le surnageant obtenu après centrifugation du broyat à 4°C, sous 10.000 g pendant 20 mn, constitue l'extrait enzymatique.

Mesure des activités enzymatiques.

Les activités glutamate oxaloacétate transaminase (GOT) et glutamate pyruvate transaminase (GPT) sont mesurées selon KARMEN *et al.* (1955) par le suivi à 340 nm de la réaction de transamination à l'aide d'une réaction indicatrice mettant en oeuvre respectivement la malate déshydrogénase et la lactate déshydrogénase, en présence de NADH. Les activités malate déshydrogénase (MDH) et enzyme malique (EM) sont déterminées en suivant à 340 nm respectivement l'oxydation du NADH en présence d'oxaloacétate et la réduction du NADP⁺ en présence de malate et de Mn²⁺ (OCHOA, 1955). L'activité de l'alcool déshydrogénase est mesurée selon MOLINA *et al.* (1986), en suivant à 340 nm la disparition du NADH au cours de la réduction de l'acétaldéhyde en éthanol. Toutes les activités sont exprimées en μ mole de substrat consommé ou de produit formé à 30°C par minute et par kg de fruit dénoyauté. La précision des mesures d'activité est à \pm 10 p. 100 dans nos conditions.

Préparation des extraits aromatiques.

Cette préparation, récemment décrite en détail (BITTEUR *et al.*, 1990), est effectuée en triple. Elle comporte les principales étapes suivantes : à la fin de chaque expérimentation de MA, les fruits sont dénoyautés, congelés à -20°C et broyés dans l'azote liquide ; trois fois 50 g de poudre sont ainsi préparés ; chaque lot de 50 g est repris dans 150 ml de tampon phosphate pH 7 à 90°C, refroidi, puis additionné de 2,9 μ g d'octanol-2 comme étalon interne ; après centrifugation (à 4°C sous 12.000 g pendant 10 mn), l'extraction est opérée par rétention sur résine

XAD-2 (Rohm et Hass) puis élution par le pentane ; l'extrait obtenu est ensuite séché et concentré jusqu'à 250 μ l environ.

Analyse des composés d'arôme.

Trois μ l d'extrait concentré sont analysés par chromatographie en phase gazeuse sur une colonne capillaire CP WAX 52 CB (Chrompack). Les conditions expérimentales ainsi que les programmations du four et de l'injecteur ont déjà été décrites (BITTEUR *et al.*, 1990). Les principaux composés d'arôme ont été identifiés par couplage avec la spectrométrie de masse.

RESULTATS ET DISCUSSION

Evolution des paramètres biochimiques classiques.

Les évolutions, au cours de l'anaérobiose carbonique, des principales caractéristiques biochimiques des quatre variétés d'abricot sont indiquées dans le tableau 1.

On constate que l'anaérobiose se traduit par une augmentation sensible du pH (accroissement de 0,2 à 0,6 unité pH selon la variété) et une diminution très nette de l'acidité titrable, parallèlement à la forte diminution du malate et à la dégradation modérée des sucres, du saccharose en particulier. Par contre, la concentration en citrate et la teneur

en azote semblent peu modifiées. Ces résultats sont tout à fait concordants avec ceux obtenus dans le cas du MA du raisin (FLANZY, 1978).

Cinétique du dégagement de l'éthanol.

La cinétique du dégagement de l'éthanol gazeux des différentes variétés d'abricot au cours de l'anaérobiose carbonique, a été suivie par la mesure de la quantité d'éthanol dégagé dans l'atmosphère des bocal. Ces cinétiques sont représentées sur la figure 1.

Comme on le voit, on n'atteint pas, à la température de 20 ou 25°C, le plateau de production de l'éthanol. Comme pour le raisin, l'apparition du plateau caractérisant cette limitation ne peut être observée qu'à des températures de MA élevées (35°C) ou pour des durées très importantes d'anaérobiose (plus de 20 jours à 20°C), conditions incompatibles avec le maintien de la texture du fruit (obtention d'une purée).

Les quantités d'éthanol réellement produites par les 4 variétés d'abricots, après différentes durées d'anaérobiose à 20°C, ont été mesurées sur les fruits dénoyautés puis broyés, et sont reportées dans le tableau 2.

On constate que les quantités d'éthanol produites ne sont pas très différentes, que l'on considère la variété ou

TABLEAU 1 - Caractéristiques biochimiques des variétés, Tirynthe, Rouge du Roussillon, Polonais et Bergeron, récoltées en 1990 et soumises à une anaérobiose carbonique à 20°C. Résultats relatifs à 100 g de fruits dénoyautés (le nombre de fruits par échantillon de 2 kg est respectivement de 42, 62, 37 et 22).

Variété	Durée MA j	Perte poids %	IR ° Brix	pH	Suc red g	Suc tot g	Sac g	Ac meq	Cit meq	Mal meq	N tot mg
Tirynthe (13/06)	0	0	8,7	3,9	1,0	6,5	5,5	18,1	11,9	10,1	241
	2	0,15	8,5	4,0	0,9	6,5	5,7	18,0	14,4	9,5	200
	5	0,35	8,0	4,1	0,8	5,5	4,7	14,9	13,2	7,5	233
	10	1,83	7,5	4,4	1,0	5,6	4,6	12,4	12,7	7,2	213
	14	1,80	7,3	4,5	1,0	4,5	3,5	11,8	12,4	2,2	226
Rouge du Roussillon (28/06)	0	0	14,4	3,5	4,2	10,8	6,6	31,8	29,1	7,5	71
	2	0,25	14,0	3,6	4,2	10,1	5,9	29,8	29,1	6,5	77
	5	0,70	13,5	3,6	4,2	8,8	4,6	28,2	30,3	4,2	73
	10	1,70	13,5	3,7	6,5	9,1	2,6	27,4	28,4	4,8	60
	14	1,65	14,5	3,7	8,6	9,8	1,1	27,2	29,5	4,0	84
Polonais (12/07)	0	0	12,5	4,0	3,3	9,5	6,2	17,1	7,7	14,3	219
	2	0,30	12,5	4,2	2,8	8,4	5,5	15,0	6,5	11,6	226
	5	1,0	11,5	4,2	2,6	6,8	4,2	14,2	7,3	10,3	245
	10	2,55	10,7	4,4	2,8	5,2	2,3	11,8	4,9	6,1	253
	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bergeron (12/07)	0	0	12,5	3,5	2,4	9,2	6,8	31,3	6,6	26,7	230
	2	0	11,9	3,6	2,5	8,5	6,1	29,1	5,9	26,0	241
	5	0,95	10,9	3,7	2,5	7,8	5,3	26,2	5,9	12,9	282
	10	1,8	10,3	3,8	2,3	6,7	4,3	21,6	5,3	23,2	276
	14	2,15	11,5	3,9	3,5	6,7	3,2	20,5	6,2	16,7	262

Suc red : sucres réducteurs Suc tot : sucres totaux Sac : saccharose
 Ac : acidité titrable Cit : citrate Mal : malate N tot : azote total
 Entre parenthèses : date de récolte.

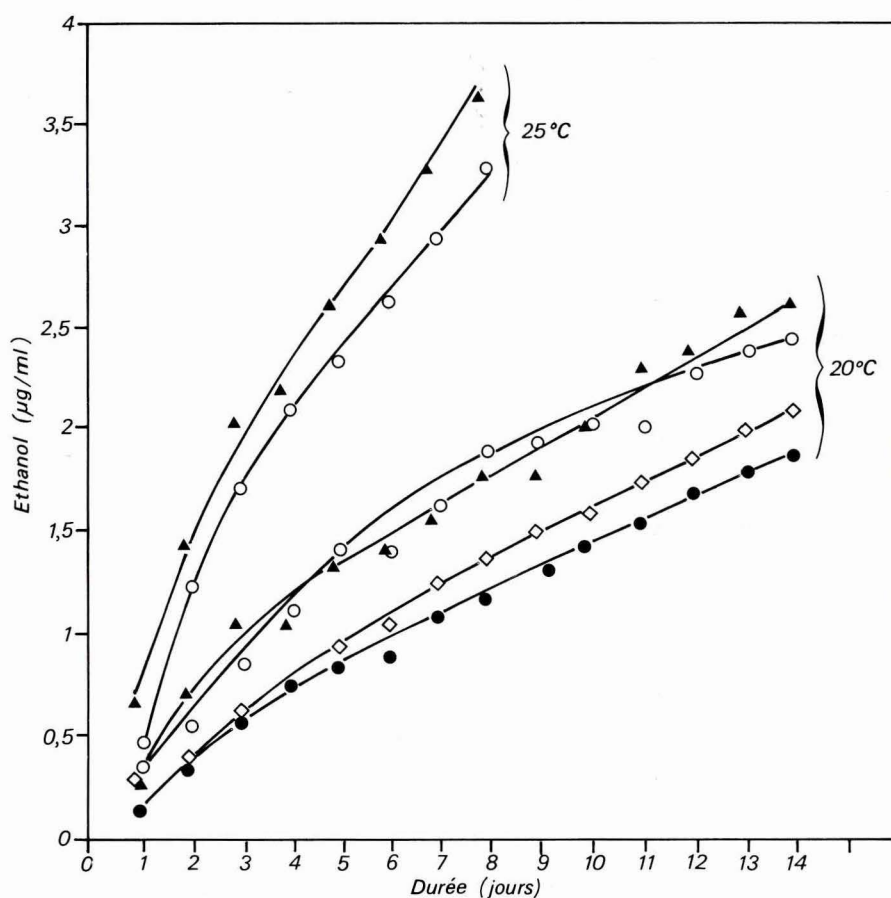


FIGURE 1 - Cinétique de la production de l'éthanol par les quatre variétés d'abricots, Tirynthe (●), Rouge du Roussillon (○), Polonais (▲) et Bergeron (◇), récoltées en 1989 et soumises à l'anaérobiose carbonique à 20°C ; en comparaison sont représentées les cinétiques de production, à 25°C, des variétés Polonais et Rouge du Roussillon, récoltées en 1989. Les mesures sont effectuées par la méthode de l'espace de tête de l'atmosphère des bocaux et les valeurs exprimées en µg d'éthanol par ml d'atmosphère.

TABLEAU 2 - Quantités d'éthanol réellement produites par les variétés Tirynthe, Rouge du Roussillon, Polonais et Bergeron, récoltés en 1989 et 1990, après différentes durées d'anaérobiose carbonique effectuée à 20°C. Résultats exprimés en mg d'éthanol par g de fruits dénoyautés.

Variété	Durée MA (j)	1989	1990
Tirynthe	2	2,01	3,40
	5	4,81	6,02
	10	7,61	7,90
	14	9,58	10,34
Rouge du Roussillon	2	2,59	2,90
	5	6,02	4,70
	10	8,95	6,15
	14	11,66	5,64
Polonais	2	2,56	2,78
	5	5,78	6,34
	10	9,36	12,62 *
	14	10,27	-
Bergeron	2	1,99	2,48
	5	4,62	4,82
	10	8,78	9,58
	14	9,93	10,98

* - valeur non significative du fait de l'apparition de levures.

TABLEAU 3 - Vitesse de production de l'éthanol, à 20°C, pour des récoltes différentes des variétés Rouge du Roussillon et Polonais.

Valeurs exprimées en μ moles par minute et par kg de fruits frais.

Variété	1985	1988	1989	1990
Rouge du Roussillon	16	18	20	22
Polonais	-	14	19	21

TABLEAU 4 - Activités enzymatiques initiales (A_0) des quatre variétés d'abricots récoltés en 1990, exprimées en μ moles par minute et par kg de fruits frais.

Variété	GOT	GPT	MDH	EM	ADH
Tirynthe	850	561	27 314	285	250
Rouge du Roussillon	1 117	257	41 441	243	272
Polonais	1 989	1 077	79 319	2 306	2 774
Bergeron	1 137	501	64 942	2 910	838

bien l'année de récolte, sauf en ce qui concerne le Rouge du Roussillon pour l'année 1990 (valeur inférieure de moitié), particularisme également observable si l'on considère la teneur en azote (tableau 1). La quantité d'éthanol produite pour une durée d'anaérobiose importante (environ 10 mg/g à 14 jours), correspond à environ 1 degré d'alcool, ce qui ne représente que 20 p. 100 de la potentialité fermentaire des sucres présents (environ 100 g/kg) par les levures. Cette constatation indique qu'il y a, comme dans le cas du MA du raisin, une limitation importante à la production de l'éthanol par ce type de métabolisme.

Les quantités d'éthanol produites à 2 jours, à 20°C (tableau 2) ou les pentes de la partie initiale des courbes de production (figure 1), permettent de calculer la vitesse de production de l'éthanol dans les fruits au cours du MA (tableau 3). La valeur moyenne obtenue, d'environ 20 μ moles. mn⁻¹. kg⁻¹, est tout à fait comparable à celle déterminée pour le raisin (FLANZY, 1978).

Compte tenu de la faible précision de ces déterminations, on ne peut affirmer qu'il existe des différences attribuables à l'année de récolte. Les mesures de production

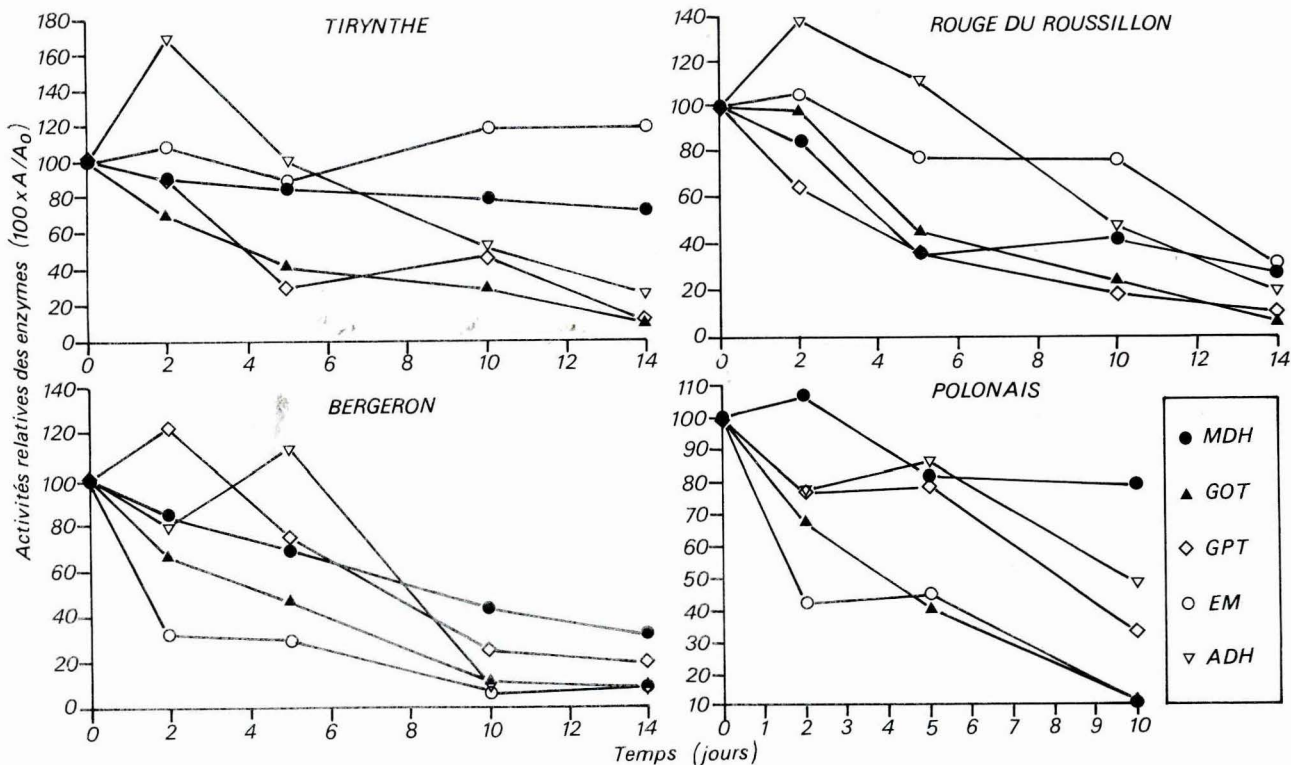


FIGURE 2 - Evolution des activités relatives ($100 \times A/A_0$) des enzymes GOT, GPT, MDH, EM et ADH, au cours de l'anaérobiose carbonique, effectuée à 20°C, pour les quatre variétés d'abricot, Tirynthe, Rouge du Roussillon, Polonais et Bergeron récoltées en 1990.

d'éthanol effectuées à différentes températures montrent par contre, une incidence importante de ce dernier paramètre ; il a en effet été possible de déterminer, à partir de différentes expérimentations, un Q_{10} d'environ 18 $\mu\text{moles}\cdot\text{mn}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$, pour des températures comprises entre 15 et 30°C. Comparativement au raisin pour lequel on a pu déterminer un Q_{10} de 8 $\mu\text{moles}\cdot\text{mn}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$ entre 15 et 25°C, l'effet de la température sur la vitesse de production de l'éthanol semblerait donc plus important dans le cas de l'abricot.

Evolution des activités enzymatiques.

Les niveaux d'activité des enzymes testées *in vitro* (GOT, GPT, ADH, MDH et EM) dans les abricots frais des quatre variétés considérées, sont reportés dans le tableau 4. On constate, comme dans le cas du raisin, une grande dispersion de ceux-ci pour chacune des enzymes considérées, celui de la MDH étant toujours le plus important (10 à 100 fois le niveau moyen des autres activités). On remarque par ailleurs, que ce sont les variétés les plus précoces, **Tirynthe** et **Rouge du Roussillon**, qui présentent le plus faible potentiel d'activité et que la variété **Polonais** qui produit la plus grande quantité d'éthanol au cours de l'anaérobiose, et celle qui est pourvue du plus fort potentiel initial. Ainsi, le MA de l'abricot semble-t-il d'autant plus intense que le niveau des activités enzymatiques au départ est plus élevé.

Lorsque les activités (A) mesurées au cours du MA sont exprimées en valeur relative par rapport à l'activité initiale (A_0), on obtient les variations représentées sur la figure 2.

Ces résultats indiquent une chute d'activité quasi-générale des enzymes sous l'effet de l'anaérobiose, ce qui est tout à fait conforme aux observations faites sur le raisin placé dans des conditions analogues (ROMIEU *et al.*, 1989). On retrouve, comme pour ce fruit, que toutes les activités ne sont pas affectées avec la même intensité par l'anaérobiose : en particulier, la MDH apparaît être la moins sensible et la GOT la plus fortement affectée. Certaines valeurs en début d'anaérobiose sont supérieures à la valeur initiale de l'activité ; c'est fréquemment le cas pour l'activité ADH (en particulier pour **Tirynthe**, **Bergeron** et **Rouge du Roussillon**). Sans accorder une grande signification à cette observation compte tenu de l'imprécision sur ces déterminations, cela va tout de même dans le sens des résultats obtenus pour le raisin (ROMIEU *et al.*, 1989), à savoir l'observation d'un regain temporaire d'activité de certaines enzymes, telles que l'ADH ou la GOT, enzymes souvent qualifiées d'inductibles.

Une analyse en composantes principales des données (perte de poids, azote total - tableau 1, éthanol - tableau 2, activités enzymatiques initiales - tableau 4 et valeurs d'activités non pondérées ayant été prises en compte dans la figure 2) indique que deux axes sont suffisants pour représenter 83 p. 100 de l'information initiale (figure 3).

On remarque que les variables liées à l'axe 1 sont les activités enzymatiques qui ont toutes la même orientation, l'axe 2 correspondant principalement à la teneur en azote. Quant aux variables éthanol et perte de poids, celles-ci contribuent indifféremment aux deux axes.

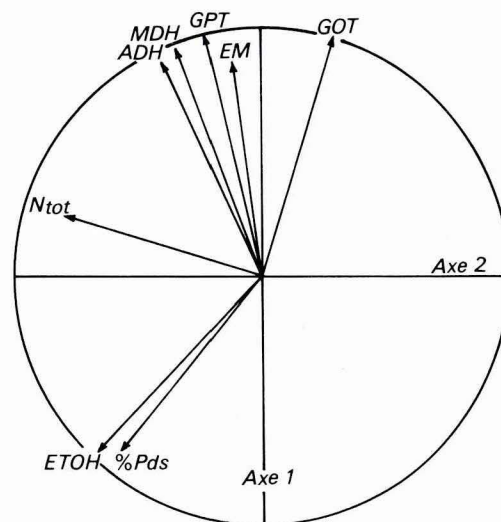


FIGURE 3 - Cercle des corrélations correspondant à l'ACP sur variables réduites effectuée à partir des résultats : perte de poids, azote total (tableau 1) ; éthanol (tableau 2) ; activités enzymatiques (tableau 4 et figure 2), obtenus pour les quatre variétés d'abricot récoltées en 1990.

La représentation des individus (figure 4) permet tout d'abord de constater que les quatre variétés sont bien dissociées et parallèles entre elles. Compte tenu du sens et de la direction des variables, on retrouve que les variétés les plus précoces, **Tirynthe** et **Rouge du Roussillon**, sont moins riches en azote et beaucoup plus pauvres en activité enzymatique initiale. La répartition des différentes variétés se fait suivant l'axe 3 situé à 45° des deux axes, correspondant à un gradient de maturité allant de juin à juillet. Cette diagonale est perpendiculaire à l'axe 4 représentatif du déroulement du MA en fonction du temps. Il est important par ailleurs, de constater que la direction et le sens de la variable éthanol sont identiques à ceux de l'axe 4 (figure 4).

Bien que l'échantillon correspondant au 14e jours de MA pour la variété **Polonais** soit manquant, il semblerait qu'indépendamment du niveau d'activité initial, les valeurs d'activité finales à 14 jours de MA, soient sensiblement identiques. Un résultat similaire a d'ailleurs été trouvé chez le raisin, et il pourrait s'expliquer par le fait que la vitesse de la perte d'activité des enzymes sous l'effet de l'anaérobiose soit proportionnelle au niveau initial de leur activité (SAUVAGE *et al.*, 1991).

Enfin, on retrouve par cette analyse que les variétés qui témoignent d'une forte production d'éthanol en anaérobiose sont également celles qui présentent le plus fort potentiel enzymatique, notamment en ADH, sans oublier que ce sont aussi les plus tardives (observation également faite en 1989).

Evolution des composants de l'arôme.

L'ensemble des résultats obtenus sur les modifications des composés de l'arôme des abricots après MA, montre qu'il convient de distinguer les variétés à évolution «lente» (**Bergeron** et **Tirynthe**) et les variétés à évolution «rapide» (**Polonais** et **Rouge du Roussillon**).

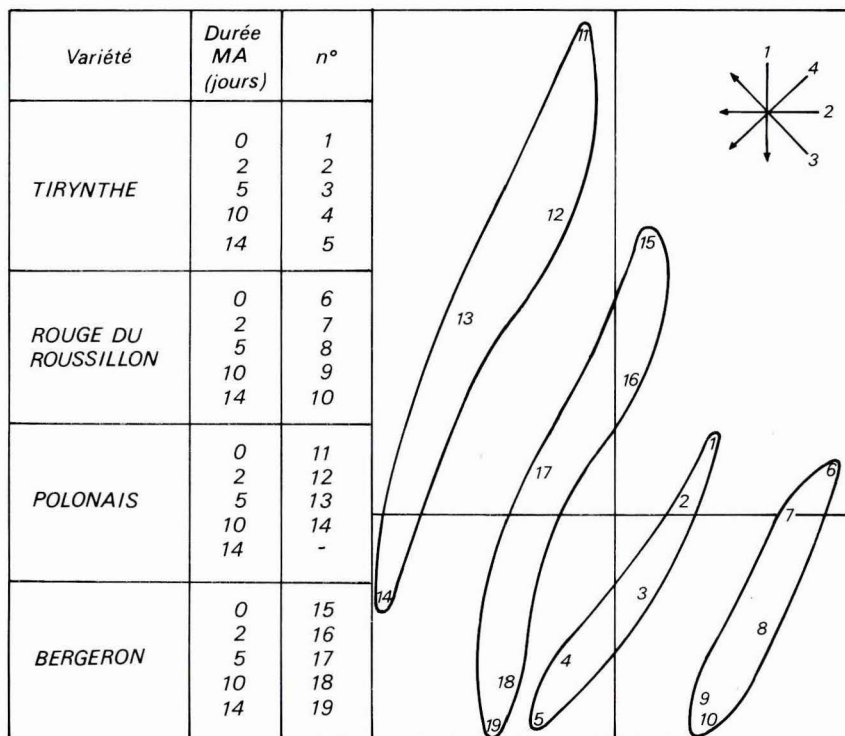


FIGURE 4 - Représentation des individus de l'ACP. En encart, sens des axes principaux (1 et 2), de l'axe MA (4) et de l'axe maturité (3).

Peu de modifications des teneurs en composés aromatiques sont observées lors de l'anaérobiose carbonique des variétés «lentes» et leur influence bénéfique sur la qualité aromatique des fruits n'est pas démontrée.

Les variétés «rapides» répondent par contre davantage à l'anaérobiose et l'on observe deux phénomènes principaux : d'une part, la baisse des teneurs des composés en C6 aux saveurs herbacées souvent désagréables (ceci est surtout intéressant pour la variété *Polonais* qui est riche en ces composés à l'origine), d'autre part, l'augmentation des teneurs en certains composés aux notes aromatiques agréables, terpénols, dérivés carbonylés, alcools, dérivés de caroténoïdes et lactones. Les principaux composés dont les teneurs varient de manière significative lors de l'anaérobiose sont présentés dans le tableau 5 pour la variété *Polonais* et le tableau 6 pour la variété *Rouge du Roussillon*. Plus que de réellement exalter la note typique abricot, on peut dire que le MA permet de renforcer et de compléter les notes secondaires du fruit.

Pour ce qui concerne les conditions d'anaérobiose, c'est plus la durée de l'anaérobiose que la température (limitée à 25°C dans ce type d'étude) qu'il convient de bien choisir. D'une manière générale, on conseillera une durée d'autant plus courte que le fruit sera plus mûr, et on gardera à l'esprit qu'au-delà de 5 jours, des notes de fruit éventé risquent d'apparaître.

CONCLUSION

L'ensemble des résultats obtenus à partir des diverses analyses effectuées sur les quatre variétés d'abricots, atteste

bien le fait que l'abricot est un fruit qui enclenche le Métabolisme Anaérobie lorsqu'il est placé dans des conditions asphyxiantes. Cette étude apporte des précisions sur les conditions d'un bon déroulement de ce métabolisme et sur l'évolution des caractéristiques biochimiques du fruit. On trouve, sur bon nombre de points, de grandes analogies de comportement entre l'abricot et le raisin : production d'éthanol avec des cinétiques comparables et limitation de cette production à 1 degré alcoolique, diminution de l'acidité titrable, consommation du malate, diminution très rapide de l'activité de la plupart des enzymes avec sursaut discret et non systématique de l'activité d'enzymes de type inductibles ...

L'effet des paramètres, température et durée du MA, doit être compatible avec le maintien de la structure du fruit : l'observation visuelle montre qu'une température supérieure à 30°C se traduit rapidement par un effondrement de la structure du fruit quelle que soit la variété. Une anaérobiose effectuée à 20°C pendant une durée appropriée à chaque variété semble devoir être retenue pour limiter l'écrasement des fruits au cours du traitement, même si le développement du MA n'a pas été porté à son maximum.

Les analyses biochimiques effectuées sur plusieurs récoltes des quatre variétés considérées montrent qu'il y a une grande différence dans les réponses au MA. Sur la base de ces analyses, il semblerait y avoir une corrélation positive entre la vitesse de production de l'éthanol, la teneur en azote et la richesse en enzymes de la variété considérée, ces paramètres apparaissant d'autant plus grands que la variété est moins précoce.

En ce qui concerne les caractéristiques organoleptiques

TABLEAU 5 - Principaux composés volatils de la variété Polonais dont les teneurs ($\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$) varient de manière significative au cours de l'anaérobiose.

Composé	Témoin	2 jours		5 jours	
		20°C	25°C	20°C	25°C
Composés en C6					
Hexanol	2730	910	360	830	n.s.
E Hexène-2-al	3440	1220	360	n.s.	n.s.
Terpénols					
Linalol	390	900	n.s.	n.s.	n.s.
α -Terpinéol	210	460	440	n.s.	n.s.
Nérol	10	n.s.	n.s.	170	160
Dérivés carbonylés					
Phényl-2 éthanal	180	250	n.s.	n.s.	430
Alcools					
Alcool benzylique	160	n.s.	n.s.	n.s.	350
Composés en C13					
β -ionone	260	n.s.	n.s.	n.s.	490

n.s. : teneur non significativement différente de celle du témoin.

TABLEAU 6 - Principaux composés volatils de la variété Rouge du Roussillon dont les teneurs ($\mu\text{g}/\text{kg}^{-1}$) varient de manière significative au cours de l'anaérobiose.

Composé	Témoin	2 jours		5 jours	
		20°C	25°C	20°C	25°C
Composés en C6					
Hexanol	1570	n.s.	430	440	480
E Hexène-2-al	1700	350	510	390	280
E Hexène-2-ol-1	1880	690	n.s.	880	870
Dérivés carbonylés					
Benzaldéhyde	680	n.s.	n.s.	1160	1480
Phényl-2 éthanal	80	n.s.	220	320	590
Alcools					
Alcool benzylique	510	n.s.	n.s.	n.s.	1480
Composés en C13					
β -ionone	210	n.s.	n.s.	570	540
Lactones					
γ -Hexalactone	1200	n.s.	n.s.	n.s.	1670
γ -Décalactone	5060	n.s.	n.s.	n.s.	6850

n.s. : teneur non significativement différente de celle du témoin.

qui ont été jugées à travers les déterminations de profils aromatiques, des différences se retrouvent entre les variétés «lentes» et «rapides». Bien que l'on observe le développement de notes aromatiques secondaires agréables plutôt qu'une réelle exaltation de la note principale «abricot», le MA n'apparaît jamais néfaste à l'équilibre aromatique du fruit, dans les conditions expérimentales utilisées.

Quoiqu'il en soit, il apparaît possible, à partir de critères biochimiques (teneurs en azote total, en enzymes telle l'ADH, en composés C₆), de déterminer dès la récolte, l'aptitude d'une variété au MA. Cependant, ce sont les caractéristiques organoleptiques du produit obtenu qui permettront, a posteriori, de retenir telle ou telle variété

pour une éventuelle transformation par un traitement d'anaérobiose.

L'application du MA à une variété donnée d'abricot, lorsque toutes les conditions de mise en oeuvre sont bien définies, devrait permettre l'élaboration de nouveaux produits.

REMERCIEMENTS

Ces travaux ont été réalisés avec l'aide du Pôle Technologique Languedoc-Roussillon TRIAL (convention Etat Région).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- BITTEUR (S.), SARRIS (J.), CHAMBROY (Y.), BAYONOVE (C.), FLANZY (C.) et SOUTY (M.). 1990.
Influence d'une anaérobiose carbonique sur l'arôme de deux variétés d'abricots.
Sci. Aliments, 10, 849-864.
- CHAMBROY (Y.). 1981.
Etude du dégagement de gaz carbonique de baies de raisins placées en atmosphère appauvrie en oxygène.
Thèse, Faculté des Sciences de Marseille-Luminy.
- CHAMBROY (Y.) et FLANZY (C.). 1985.
Métabolisme anaérobie de l'abricot.
Fruits, 40 (11), 745-748.
- FLANZY (M.). 1935.
Nouvelle méthode de vinification.
C.R. Acad. Agric. Fr., 21, 935-938.
- FLANZY (C.), ANDRE (P.), BENARD (P.), BURET (M.), CHAMBROY (Y.) et JOURET (C.). 1974.
Fermentation intracellulaire des baies de raisin au cours de leur métabolisme anaérobie.
Ann. Technol. Agric., 23, 481-500.
- FLANZY (C.). 1978.
Etude sur le métabolisme anaérobie du raisin.
Thèse Faculté des Sciences de Marseille-Luminy.
- KARMEN (A.), WROBLEWSKI (F.) et LADVE (J.S.). 1955.
Transaminase activity in human bloods.
J. Clin. Invest., 34, 126-133.
- MOLINA (I.), NICOLAS (M.) et CROUZET (J.). 1986.
Grape alcohol dehydrogenase.
I.- Isolation and characterization.
Am. J. Enol. Vitic., 37, 169-173.
- OCHOA (A.). 1955.
Malic enzyme.
Methods in Enzymology, 1, 739-748.
- ROMIEU (C.G.), SAUVAGE (F.X.), ROBIN (J.P.) et FLANZY (C.). 1989.
Evolution de diverses activités enzymatiques au cours du métabolisme anaérobie de la baie de raisin.
Connaissance Vigne et Vin, 23 (3), 165-173.
- SARRIS (J.), PRADAL (M.), TESNIERE (C.), VERRIES (C.), ROMIEU (C.) et FLANZY (C.). 1987.
Détermination de l'éthanol endogène des baies de raisin par analyse de l'atmosphère des enceintes expérimentales.
Ind. Agric. Aliment., 12, 1173-1176.
- SAUVAGE (F.X.), ROMIEU (C.G.), SARRIS (J.), PRADAL (M.), ROBIN (J.P.) et FLANZY (C.). 1991.
Evolution de quelques activités enzymatiques au cours de la maturation du raisin, influence d'un stress hypoxique après la vendange.
Revue fr. Oenol., 132, 14-20.
- VALENTE (M.), CHAMBROY (Y.), FLANZY (C.), BREUILS (L.) et SOUTY (M.). 1988.
Métabolisme anaérobie, cryoconcentration et sorbets d'abricots.
Fruits, 43 (2), 107-111.

Reçu juillet 1991
Accepté octobre 1991

CARACTERIZACION BIOQUIMICA DEL METABOLISMO
ANAEROBIO DEL ALBARICOQUE, INCIDENCIA VARIETAL.

F.X. SAUVAGE, C. VERRIES, J. SARRIS, S. BITTEUR,
M. SOUTY y J.P. ROBIN

Fruits, Sep.-Oct. 1991, vol. 46, n° 5, p. 601-609.

RESUMEN - Las experimentaciones fueron efectuadas durante los últimos cinco años con la finalidad de estudiar la evolución de las características bioquímicas de cuatro variedades de albaricoque (Tirynthe, Bergeron, Polonais y Rouge de Roussillon) colectados en la región de Languedoc-Roussillon, y sometidos a un tratamiento de anaerobiosis. La actividad de las enzimas tales como la aspartato y alanina transaminasas, malato deshidrogenasa, enzima malica y alcohol deshidrogenasa, la velocidad de síntesis del etanol así como el contenido en compuestos volátiles fueron determinados.

Los resultados muestran que los principales mecanismos metabólicos implicados en la respuesta a la anaerobiosis son similares a los observados en la uva puesta bajo las mismas condiciones. El estudio condujo además, a precisar las condiciones óptimas del tratamiento de anaerobiosis del albaricoque y señala la gran disparidad de comportamiento de las diferentes variedades. Las variedades Polonais y Rouge de Roussillon son las mejores adaptadas a la valorización tecnológica por este tratamiento.

