

## Qualité des fraises: effets de la variété, du rapport feuille/fruit, de la période de récolte et du stade de maturité

C. CARLEN, A. M. POTEI, C. BELLON et A. ANÇAY, Agroscope RAC Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères, CH-1964 Conthey

 E-mail: [christoph.carlen@rac.admin.ch](mailto:christoph.carlen@rac.admin.ch)  
Tél. (+41) 27 34 53 511.

### Résumé

Les consommateurs regrettent fréquemment l'irrégularité de la qualité gustative des fraises. Cette étude a pour but de montrer que la qualité de ce fruit varie en fonction de la variété, du rapport feuille/fruit de la plante, de la période de récolte et du stade de maturité. Pour cela, quatre paramètres qualitatifs ont été analysés: la teneur en sucres, en arômes et en acidité, ainsi que la fermeté des fruits.

Les paramètres qualitatifs des fruits, en particulier la teneur en sucres, se sont montrés significativement différents d'une variété à l'autre. Pour expliquer ces variations, le critère du rapport feuille/fruit s'est révélé un bon indicateur: plus la surface foliaire disponible par fruits récoltés est élevée, plus elle favorise la concentration en sucres des fraises. Cependant, lorsque la surface foliaire atteint environ 15 cm<sup>2</sup> par g de fruits, les teneurs en sucres cessent de progresser. Les paramètres qualitatifs des fruits ont fortement évolué au cours de la récolte. En ce qui concerne la teneur en sucres, des variations d'environ 3,5 °Brix ont été enregistrées avec les variétés Ciflorette, Darselect et Marmolada, et d'environ 1,5 °Brix pour Clery. Le stade de maturité a également influencé significativement la qualité des fraises. La teneur en acidité et la fermeté des fruits ont diminué lors du mûrissement, tandis que la teneur en sucres a constamment augmenté du stade «fruit blanc» au stade «fruit rouge 4/4». Cependant, les arômes se sont principalement développés pendant la dernière phase de maturation, du stade «fruit rouge 3/4» à «fruit rouge 4/4».



Fig. 1. Essai de variétés de fraises sous tunnel en plastique.

### Introduction

La principale motivation pour consommer des fraises (*Fragaria* × *ananassa* Duch) est le plaisir. Si l'aspect du fruit joue un rôle important à l'achat, ce n'est toutefois pas un critère déterminant pour le consommateur. En effet, celui-ci juge la qualité des fraises avant tout sur leur goût (NAVATEL, 1998). Si

l'on en croit les multiples tests effectués auprès des consommateurs sur des fraises du commerce, cette qualité gustative se résume principalement à la teneur en sucres et en arômes (CARLEN et ANÇAY, 2003). D'autres études ont également montré que le sucre était l'un des critères les plus importants pour définir la qualité gustative de la fraise (VAYSSE *et al.*, 2003; ALAVOINE et CRO-

CHON, 1989). Pour les fruits frais, l'un des principaux reproches émis par les consommateurs porte justement sur l'inconstance de la qualité gustative (FRESH TRENDS, 2001); elle peut fortement varier durant la saison ou d'un lot à l'autre (CARLEN et ANÇAY, 2003; VAYSSE *et al.*, 2003; KALLIO *et al.*, 2000) et elle dépend de multiples facteurs: le génotype des différentes varié-

tés, la période de récolte, le stade de maturité des fruits, la gestion de la culture, l'état sanitaire des plantes, le terroir et les conditions suivant la récolte. Pour la fraise, il existe encore peu d'informations sur ces sujets, à l'exception des effets de la variété. Cependant, même à ce sujet, peu d'études ont été faites sur les processus physiologiques sous-jacents expliquant les différences de qualité entre variétés.

Pour répondre aux demandes de la filière et aux exigences des consommateurs, il est important de mieux comprendre pourquoi la qualité gustative des fraises varie d'un lot à l'autre durant la saison. Cet article présente l'influence de la variété, du rapport feuille/fruit de la plante, de la période de récolte et du stade de récolte sur les paramètres qualitatifs de la fraise.

## Matériel et méthodes

### Matériel végétal, plantation et conduite de la culture

Les fraises de l'étude ont été cultivées sous tunnel au Centre des Fougères d'Agroscope RAC Changins, à Conthey (Valais central), sur un sol limoneux, riche en silt (fig. 1). Des plants «frigo» ont été utilisés dans les divers essais menés en 2002, 2003 et 2004. Ils ont été mis en terre de mi-juin à début juillet en fonction de l'année, à une densité de quatre plants/m<sup>2</sup>, sur des buttes monoligne recouvertes de plastique noir. Le tunnel en plastique de type fraise (5 m de largeur) a été monté fin février pour les trois années. L'apport d'éléments fertilisants et d'eau a été assuré par fertigation. Les analyses minérales du sol ont permis d'ajuster les apports de fertilisants en fonction des normes établies pour la culture des fraises (en kg par hectare: 100 N, 60 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 180 K<sub>2</sub>O et 35 Mg). Les apports ont été fractionnés en deux périodes (automne et printemps). La

fumure azotée d'automne n'a pas été nécessaire, car l'azote minéral (N<sub>min</sub>) dépassait les 60 kg/ha. Au printemps, la solution nutritive a été appliquée une fois par semaine, de la reprise de végétation à la mi-récolte. L'irrigation a été pilotée à partir des relevés des tensiomètres (irrigation de 20 mm d'eau dès que l'on dépassait 30 cbar à 20 cm de profondeur). Les traitements phytosanitaires ont été appliqués conformément aux directives de la production intégrée.

### Mesures effectuées et observations

#### Récolte

La récolte a été réalisée en trois passages par semaine. Les fruits ont été triés par appréciation visuelle selon le calibre (diamètre supérieur à 25 mm) et l'aspect extérieur (déformation, couleur hétérogène, problèmes sanitaires, etc.). Les fruits déclassés ont été pesés et classés comme déchets. Le rendement total se compose des fruits de 1<sup>er</sup> choix et des déchets.

Dans l'essai visant à analyser les effets du stade de maturité, 400 à 500 g de fruits à différents stades de maturité ont été récoltés par répétition. Les stades ont été déterminés d'après la description de *RISSE et al.* (1997): «fruit blanc», «fruit rouge 1/2», «fruit rouge 3/4», «fruit rouge 4/4», «fruit rouge foncé» (fig. 2).

### Surface foliaire

La surface foliaire a été mesurée directement après la dernière récolte. Les feuilles de cinq plantes consécutives sur la ligne ont été prélevées par répétition. Ces feuilles ont été comptées et mesurées au planimètre (Area Meter 3000, LiCor).

### Mesure des paramètres qualitatifs des fruits

Les paramètres qualitatifs analysés ont été la teneur en sucres, en acidité et en arômes, ainsi que la fermeté des fruits. Pour mesurer la teneur en sucres, en acidité titrable et en arômes, des jus de fraises ont été préparés à l'aide d'un mixer de type Kenwood professionnel (Kenwood, USA). La teneur en sucres a été évaluée au réfractomètre (exprimée en °Brix) (Atago, PR-1, Kunzmann, Suisse). L'acidité titrable (exprimée en g acide citrique/l) a été déterminée sur un échantillon de 10 g à un pH de 8,1 avec 0,1 M NaOH à l'aide du titrateur Mettler DL 25 (Mettler-Toledo, Suisse). La fermeté des fruits a été mesurée au pénétromètre Durofel (Coppa Technologie SA/Ctifl, France) (embout plat d'une surface de 0,5 cm<sup>2</sup>) et exprimée par l'indice Durofel.

Les composants volatils globaux (arômes) ont été mesurés selon une méthode modifiée à partir de celle décrite par *CARLEN et al.* (2001) et *AZODANLOU et al.* (2003). Cette méthode utilise la *Solid Phase Micro Extraction* (SPME) pour absorber et concentrer les substances volatiles et permet une ana-

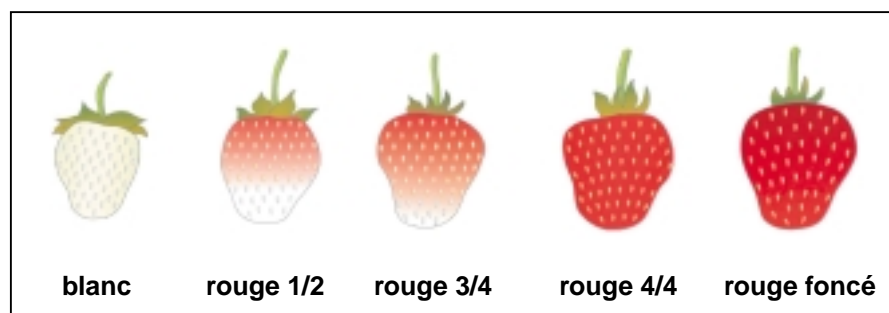


Fig. 2. Stades de maturité des fruits du fraisier d'après *RISSE et al.* (1997).

**Tableau 1. Influence de la variété de fraises sur des paramètres qualitatifs des fruits, le rendement (rdt), la surface foliaire et le rapport feuille/fruit en 2002. Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.**

Variétés	Carisma	Ciflorette	Cirafine	Clerly	Filon	Marianna	Marmolada	Marjolaine	Maya	Paros	Rosie
Teneur en sucres (°Brix) <sup>1,2</sup>	8,7	9,8	9,1	7,5	6,6	7,4	7,6	8,4	6,9	7,2	9,3
Acidité titrable (g/l) <sup>1,2</sup>	5,9	7,1	7,7	6,3	6,3	8,4	5,5	6,2	6,8	7,2	7,7
Fermeté (indice Durofel) <sup>1,2</sup>	76	65	79	74	71	76	66	79	70	76	74
Rendement total (g/plante)	539 <sup>cd</sup>	280 <sup>d</sup>	324 <sup>d</sup>	764 <sup>abc</sup>	1004 <sup>a</sup>	814 <sup>ab</sup>	843 <sup>ab</sup>	534 <sup>bc</sup>	701 <sup>abc</sup>	373 <sup>cd</sup>	278 <sup>d</sup>
Rendement 1 <sup>er</sup> choix (g/plante)	439 <sup>a</sup>	222 <sup>c</sup>	227 <sup>c</sup>	674 <sup>a</sup>	748 <sup>a</sup>	667 <sup>a</sup>	734 <sup>a</sup>	440 <sup>abc</sup>	586 <sup>ab</sup>	307 <sup>bc</sup>	199 <sup>c</sup>
Surface foliaire (cm <sup>2</sup> /plante) <sup>2</sup>	4255	6434	3151	4774	3745	3092	4780	3402	2916	1964	2433
Rapport feuille/fruit (cm <sup>2</sup> /g) <sup>2</sup>	8,4	22,9	9,6	6,3	3,8	3,8	5,7	6,5	4,1	5,2	9,0

Des lettres différentes indiquent des différences significatives (p < 5%) selon le test de Tukey.

<sup>1</sup>Pour chaque variété, analyses effectuées sur fruits cueillis 10 à 13 jours après le début de la récolte.

<sup>2</sup>Les trois répétitions ont été analysées en commun, donc pas d'analyse statistique possible.

lyse quantitative rapide des teneurs en substances volatiles globales dégagées par un fruit. Ces analyses ont été faites sur la base de 2 g de jus de fraises additionnés de 2 g de sulfate d'ammonium saturé (inhibiteur enzymatique) dans un vial de 40 ml muni d'un bouchon perforé et d'un septum en silicone avec une rondelle de téflon. Pour isoler la fraction volatile dans l'espace de tête du récipient, les vials ont été placés dans un bain-marie réglé à 30 °C et remués pendant trente-cinq minutes avec un agitateur magnétique. Une fraction des composants volatils a été recueillie à l'aide d'une seringue spécifique munie d'une fibre absorbante SPME. Les fibres PDMS (poly-diméthylsiloxane d'une épaisseur de 100 µm, Supelco Co., USA) ont été utilisées car elles semblent bien adaptées à la capture des arômes de fraise (CARLEN *et al.*, 2000). Après la libération des composants volatils globaux dans l'injecteur d'un chromatographe en phase gazeuse (Carlo Erba HRGC 5300, Carlo Erba S.p.A., Italie), leur potentiel a été mesuré par un détecteur FID (*Flame Ionization Detector*). La réponse fournie par cet appareil prend la forme d'un signal lumineux plus ou moins intense (Intégrateur Borwin, JMBS Développements, France). Afin de pouvoir comparer les résultats d'une série à l'autre et d'une année à l'autre, une solution composée de 1-méthoxy-2-propyl-acétate, de 2-méthyl-éthylcétone et de butanol (concentration totale des trois molécules: 3 mg/kg) a servi de standard.

## Dispositif expérimental et statistiques

Le dispositif expérimental (bloc aléatoire complet) comportait trois répétitions pour la comparaison des variétés, en 2002 et 2003, et quatre répétitions pour l'essai sur l'effet du stade de maturité en 2003 et pour l'essai sur l'effet de la période de récolte en 2003 et 2004. Dans les différents essais, quatorze à vingt plantes ont été prises en compte par répétition.

La différence des effets des procédés a été calculée au moyen d'une analyse de variance.

Le test de Tukey a été utilisé (SigmaStat, SPSS) lorsque les différences étaient significatives. Les relations entre le rapport feuille/fruit et la teneur en sucres des fruits sont représentées sous forme de courbes de régression de type hyperbolique ( $y = ax/b+x$ ) calculées avec le logiciel Sigma Plot (SSPS).

## Résultats et discussion

### Variété et rapport feuille/fruit

La comparaison entre les variétés en 2002 et 2003 a montré des variations importantes dans les paramètres qualitatifs analysés (tabl. 1 et 2). Par exemple, en 2002, dix à treize jours après le début de la récolte, la teneur en sucres variait de 6,6 à 9,8 °Brix entre les onze variétés analysées. En 2003, les variations entre les variétés étaient similaires, avec des différences de 3,2 °Brix sept jours après le début de la récolte et de 5,5 °Brix quinze jours après. Pour l'acidité titrable, des variations analogues ont été observées entre les variétés, tandis que la fermeté des fruits était plus constante. Des variations semblables entre variétés ont été obtenues dans d'autres études (STURM *et al.*, 2003; VAYSSE *et al.*, 2003; KALLIO *et al.*, 2000).

La formation des sucres et leur acheminement vers les fruits sont deux étapes déterminantes pour obtenir de bons fruits et répondre ainsi aux attentes des consommateurs. Cette étape du processus semble fortement influencée par le rapport feuille/fruit (tabl. 1 et 2). En effet, ce rapport feuille/fruit et les teneurs en sucres des fruits correspondants se révèlent étroitement liés au sein de chaque variété (fig. 3). Ce critère

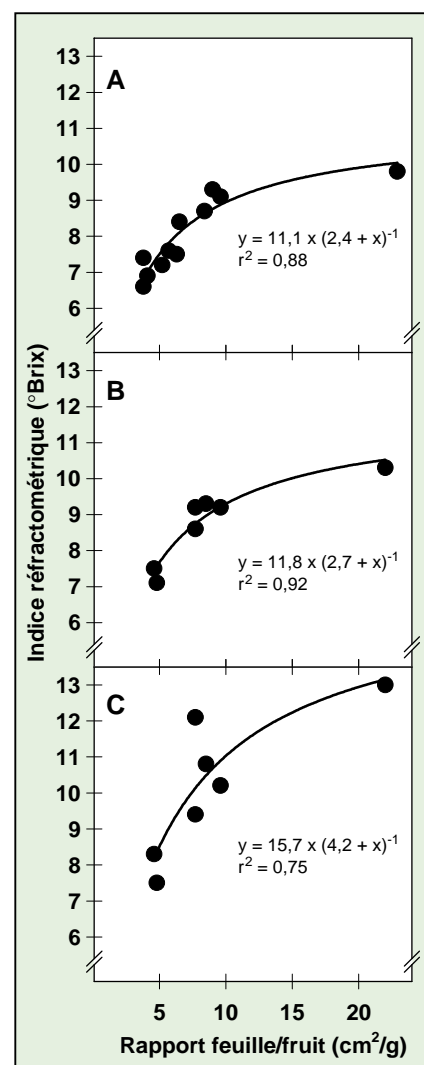


Fig. 3. Relations entre le rapport feuille/fruit et la teneur en sucres (°Brix) des fraises de onze variétés cueillies dix à treize jours après le début de la récolte en 2002 (A), de sept variétés cueillies sept jours (B) et quatorze jours après le début de la récolte en 2003 (C). Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions.

Tableau 2. Influence de la variété de fraises sur des paramètres qualitatifs des fruits, le rendement (rdt), la surface foliaire par plante et le rapport feuille/fruit en 2003. Les valeurs correspondent à la moyenne de trois répétitions.

Variétés	Ciffrette	Cigoulette	Clery	Darselect	Madeleine	Marianna	Marmolada
Teneur en sucres (°Brix) <sup>1</sup>	10,3 a	9,3 ab	9,2 b	9,2 b	8,6 b	7,1 c	7,5 c
Teneur en sucres (°Brix) <sup>2</sup>	13,0 a	10,8 bc	10,2 c	12,1 ab	9,4 c	7,5 d	8,3 d
Acidité titrable (g/l) <sup>1</sup>	8,7 b	10,1 a	8,0 bc	7,2 c	10,1 a	7,6 bc	7,2 c
Acidité titrable (g/l) <sup>2</sup>	8,3 bc	10,5 a	7,9 cd	6,9 e	8,8 b	7,4 de	7,4 de
Fermeté (Indice Durofel) <sup>1</sup>	71,3 b	85,3 a	74,0 b	80,7 a	81,7 a	66,3 b	72,3 b
Fermeté (Indice Durofel) <sup>2</sup>	70,2 b	89,0 a	85,3 a	82,3 a	86,0 a	85,0 a	72,5 b
Rendement total (g/plante)	167 d	268 c	422 bc	466 bc	524 ab	533 abc	610 a
Rendement 1 <sup>er</sup> choix (g/plante)	142 d	261 c	368 bc	432 abc	491 ab	459 ab	524 a
Surface foliaire (cm²/plante)	4004 ab	2282 c	4088 a	3546 ab	3920 ab	2205 bc	2779 bc
Rapport feuille/fruit (cm²/g)	22,0 a	8,5 cd	9,6 b	7,7 bc	7,7 bc	4,8 c	4,6 c

Des lettres différentes indiquent des différences significatives ( $p < 5\%$ ) selon le test de Tukey.

<sup>1</sup>Analyses effectuées sur fruits cueillis 7 jours après le début de la récolte.

<sup>2</sup>Analyses effectuées sur fruits cueillis 14 jours après le début de la récolte.

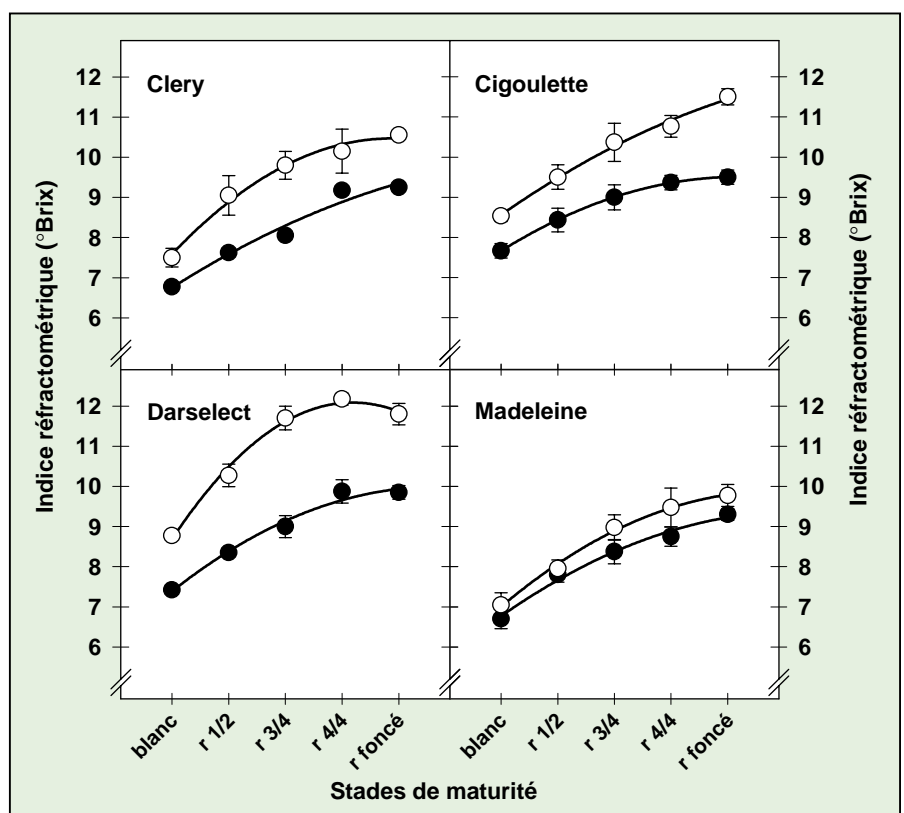
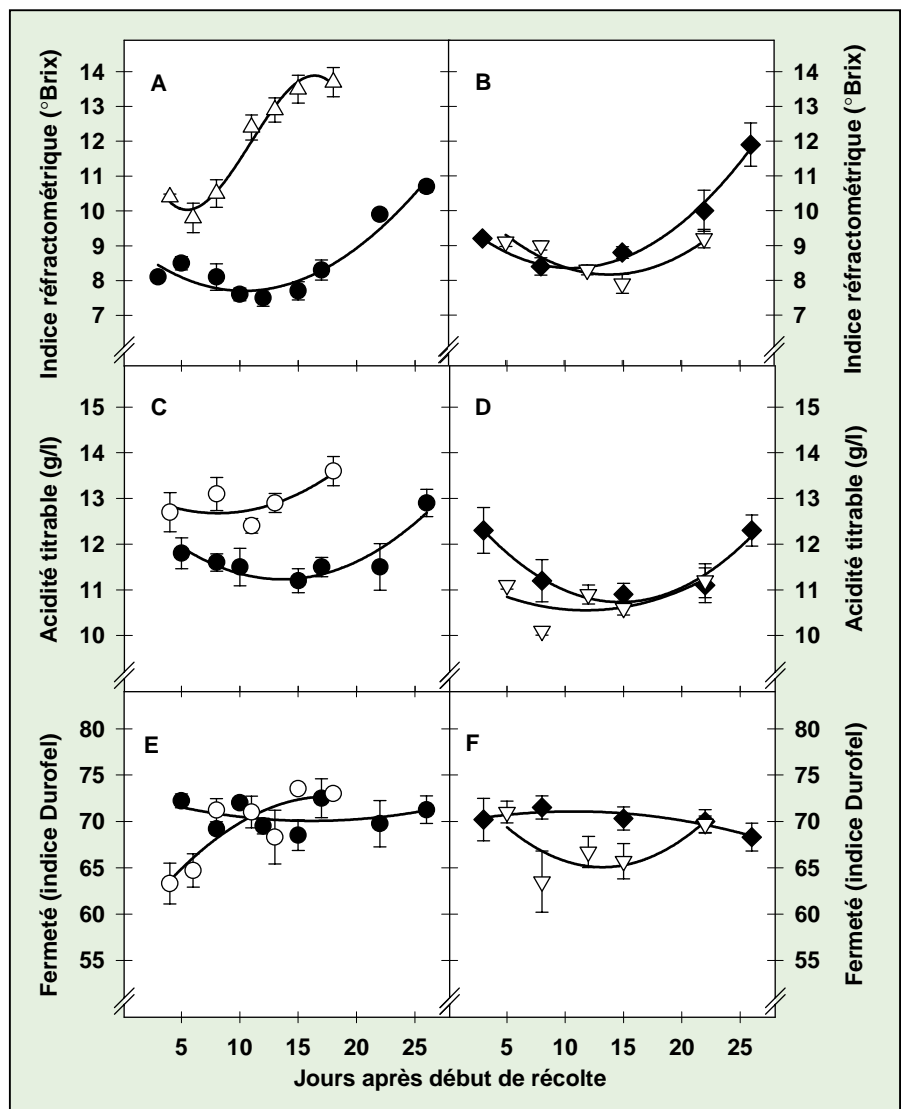


Fig. 4. Relations entre le nombre de jours  $\triangleright$  après le début de la récolte et les paramètres qualitatifs des fruits comme la teneur en sucres ( $^{\circ}$ Brix) (A, B), l'acidité titrable (C, D) et la fermeté (E, F) pour les variétés de fraises Marmolada (●) et Ciflorette ( $\Delta$ ) en 2003 et Darselect (◆) et Clery ( $\nabla$ ) en 2004. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard ( $\pm$ ).

agit donc comme un bon indicateur pour expliquer la variation de la teneur en sucres entre variétés: plus la surface foliaire disponible par quantité de fruits récoltés est élevée, plus la concentration en sucres des fruits est forte. La courbe d'ajustement indique que le taux de sucres des fruits cesse de progresser lorsque la surface foliaire par gramme de fruit atteint environ  $15 \text{ cm}^2$  pour les fraises cultivées sous tunnel plastique. Cette stagnation de l'accumulation des sucres peut s'expliquer de différentes manières: d'une part, l'augmentation de la surface foliaire entraîne l'augmentation de la superposition des feuilles, et donc de leur ombrage, avec une activité photosynthétique réduite à la clé (POTEL, 2003); d'autre part, l'acheminement des sucres vers les fraises se ralentit dès qu'un certain taux de sucres est atteint dans le fruit. Ces résultats confirment ceux de travaux portant sur les variétés de fraise Marmolada, Darselect et Ciflorette, qui faisaient varier le rapport feuille/fruit en réduisant le nombre de feuilles ou de hampes florales (POTEL, 2003; HENRIOT *et al.*, 2002). Des relations similaires entre le rapport feuille/fruit et la teneur en sucres des fruits sont également décrites pour la vigne (ZUFFEREY, 2000; MURISIER et ZUFFEREY, 1997).

Le rapport feuille/fruit est sans doute un élément essentiel à considérer pour l'amélioration de la qualité gustative des fraises, d'autant plus qu'il semble avoir aussi un effet positif sur les teneurs en arômes des fraises (HENRIOT *et al.*, 2002). Etablir un rapport feuille/fruit optimal pour le fraisier à travers le choix de variétés et/ou des techniques culturales permettra à l'avenir de mieux concilier qualité et quantité.

Fig. 5. Relations entre les stades de maturité de la fraise (fruit blanc, fruit rouge 1/2, fruit rouge 3/4, fruit rouge 4/4, fruit rouge foncé) et la teneur en sucres des fruits ( $^{\circ}$ Brix) sept jours (●) et quatorze jours (○) après le début de la récolte en 2003 pour quatre variétés. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard ( $\pm$ ).  $\triangleright$



## Période de récolte

La période de récolte influence également beaucoup la teneur en sucres des fruits (fig. 4). Pour la même plante, des variations d'environ 3,5 °Brix ont été enregistrées dans les variétés Ciflorette, Darselect et Marmolada, et d'environ 1,5 °Brix avec Clery. La teneur en sucres des fruits a diminué légèrement au tout début de la récolte chez les quatre variétés testées. Puis elle a augmenté tout au long de la récolte pour atteindre le maximum vers la fin de la cueillette, lorsque le nombre de fruits sur la plante diminue. Des évolutions similaires de la teneur en sucres des fruits ont été signalées par NAVATEL (1998). L'augmentation de la teneur en sucres des fruits en fin de récolte est probablement liée au changement du rapport feuille/fruit. Le nombre de feuilles par plante est relativement stable, voire s'accroît légèrement durant la période de récolte (POTEL, 2003; HENRIOT *et al.*, 2001), contrairement au nombre de fruits, entraînant l'augmentation de leur teneur en sucres.

L'évolution de l'acidité suit une courbe comparable à celle de la teneur en sucres, avec des différences toutefois moins marquées entre les phases de récolte. Par contraste, la fermeté des fruits se révèle assez stable durant la période de récolte. Ces fortes fluctuations des paramètres qualitatifs, notamment la teneur en sucres, sont responsables dans leur ensemble de l'irrégularité de la qualité gustative des fruits.

## Stade de maturité

L'analyse de fraises effectuée à différents stades de maturité montre que les teneurs en sucres, en arômes et en acidité ainsi que la fermeté évoluent de façon différente lors du mûrissement (fig. 5, 6, 7, 8). Chez les quatre variétés analysées en 2003 (Cigoulette, Clery, Darselect, Madeleine), la teneur en acidité et la fermeté des fruits ont diminué régulièrement lors du mûrissement (fig. 7, 8). Par contre, le taux de sucres a augmenté régulièrement du stade «fruit blanc» au stade «fruit rouge 4/4», pour rester ensuite relativement stable (fig. 5). Quant à la teneur en arômes, elle reste basse jusqu'aux stades «fruit rouge 1/2» à «fruit rouge 3/4» (fig. 6). Puis, du stade «fruit rouge 3/4» à «fruit rouge 4/4», les arômes se développent fortement, doublant leur teneur dans les fruits. Ces résultats confirment ceux d'AZODANLOU *et al.* (2004) et de FORNEY *et al.* (2000). Ces derniers ont montré que, chez la fraise, la production des arômes – notamment celle des es-

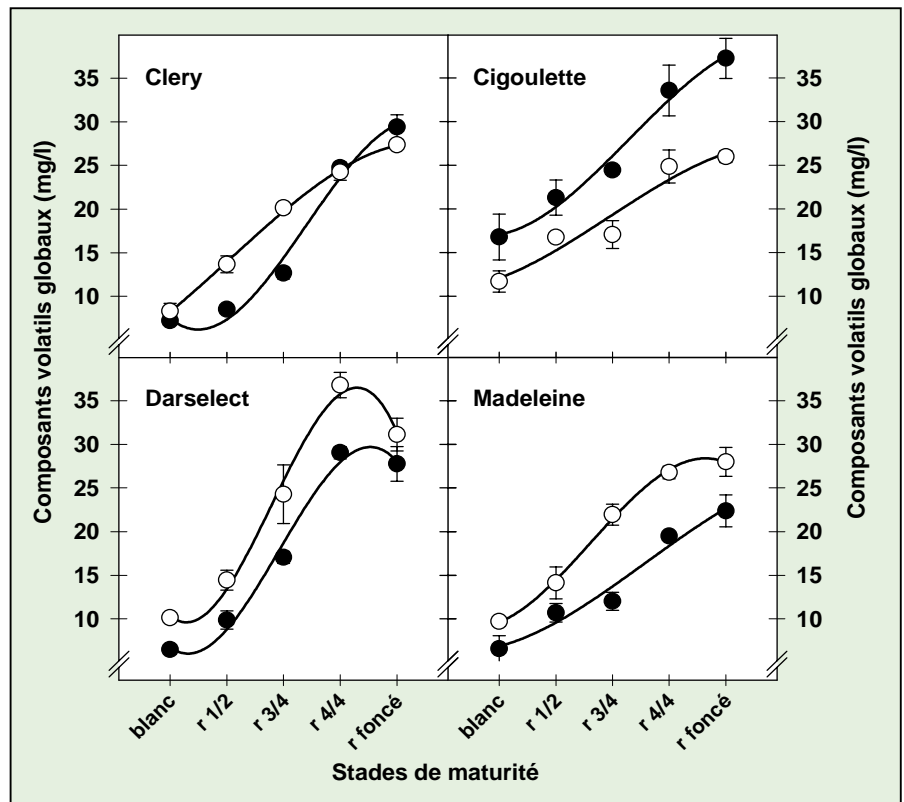


Fig. 6. Relations entre les stades de maturité de la fraise (fruit blanc, fruit rouge 1/2, fruit rouge 3/4, fruit rouge 4/4, fruit rouge foncé) et la teneur en composants volatils globaux des fruits sept jours (●) et quatorze jours (○) après le début de la récolte en 2003 pour quatre variétés. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard ( $\pm$ ).

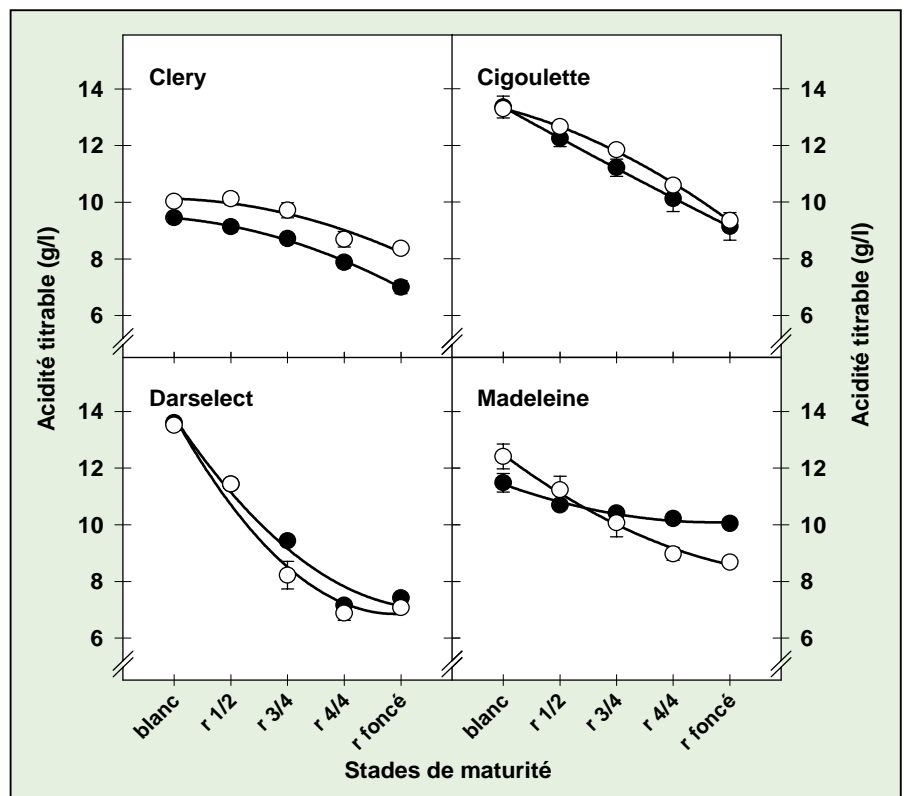


Fig. 7. Relations entre les stades de maturité de la fraise (fruit blanc, fruit rouge 1/2, fruit rouge 3/4, fruit rouge 4/4, fruit rouge foncé) et la teneur en acide des fruits (acidité titrable) sept jours (●) et quatorze jours (○) après le début de la récolte en 2003 pour quatre variétés. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard ( $\pm$ ).

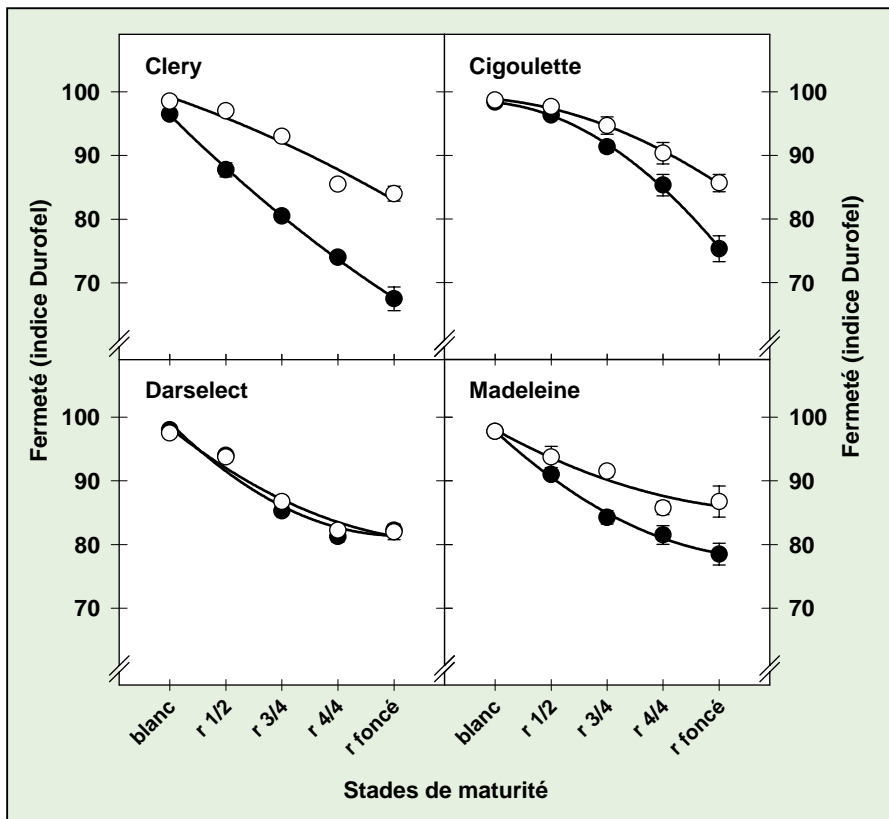


Fig. 8. Relations entre les stades de maturité de la fraise (fruit blanc, fruit rouge 1/2, fruit rouge 3/4, fruit rouge 4/4, fruit rouge foncé) et la fermeté des fruits sept jours (●) et quatorze jours (○) après le début de la récolte en 2003 pour quatre variétés. Les symboles correspondent à la moyenne de quatre répétitions. Les barres verticales représentent l'erreur standard ( $\pm$ ).

ters responsables des arômes typiques de fraise – s'effectue dans la dernière phase de la maturation après le stade «fruit rouge 3/4». Outre les arômes, les teneurs en anthocyanines, composants protecteurs pouvant diminuer le risque de cancer, peuvent doubler du stade «fruit rouge 3/4» au stade «fruit rouge 4/4» (NUNES *et al.*, 2002).

Ces analyses montrent que, pour assurer une bonne qualité des fraises sur le plan visuel, gustatif et nutritionnel, le moment optimal de cueillette est le

stade «fruit rouge 4/4». Avant ce stade, les teneurs en sucre et en arômes sont nettement plus basses. En contrepartie, les fraises cueillies au stade «fruit rouge foncé» en surmaturité sont moins séduisantes et nettement moins résistantes au transport et à la conservation.

### Remerciements

Nous remercions nos collègues C. Auderset, M. Benz, P.-Y. Cotter et B. Sauthier pour leur précieuse collaboration.

## Conclusions

- La variété influence fortement les paramètres qualitatifs des fraises, notamment la teneur en sucres.
- Le rapport feuille/fruit se révèle un bon indicateur pour expliquer les variations de teneur en sucres dans les fraises entre les différentes variétés. Plus la surface foliaire disponible par quantité de fruits récoltée est élevée, plus la concentration en sucres est favorisée. Cependant, lorsque la surface foliaire atteint environ 15 cm<sup>2</sup> par g de fruit, le taux de sucres cesse de progresser dans les fraises.
- Les paramètres qualitatifs des fraises, dont la teneur en sucres, évoluent fortement au long de la période de récolte. Des variations de 1,5 à 3,5 °Brix ont été enregistrées entre le début et la fin dans les différentes variétés.
- Le stade de maturité influence aussi beaucoup les paramètres qualitatifs de la fraise. Pour qu'une fraise puisse exprimer son potentiel de qualité gustative et nutritionnelle, elle ne doit pas être récoltée avant le stade «fruit rouge 4/4».

## Bibliographie

- ALAVOINE F., CROCHON M., 1989. Taste quality of strawberry. *Acta Horticulturae* **265**, 449-452.
- AZODANLOU R., DARBELLAY C., LUISIER J. L., VILLETAZ J. C., AMADO R., 2004. Changes in flavour and texture during ripening of strawberries. *European Food Research and Technology* **218** (2), 167-172.
- AZODANLOU R., DARBELLAY C., LUISIER J. C., VILLETAZ J. C., AMADO R., 2003. Quality assessment of strawberries (*Fragaria species*). *J. Agric. Food Chem.* **51** (3), 715-721.
- CARLEN C., ANÇAY A., 2003. Measurement of the sensory quality of strawberries. *Acta Horticulturae* **604**, 353-360.

## Riassunto

### Qualità delle fragole: effetti della varietà, del rapporto foglia/frutto, dello stadio di maturità e del periodo di raccolta

L'incostanza della qualità gustativa è uno dei fattori limitanti della fragola. Questo studio ha l'obiettivo di mostrare che la qualità di questo frutto può essere influenzata dalla varietà, dal rapporto foglia/frutto della pianta, dal periodo e dallo stadio di raccolta. I parametri qualitativi analizzati sono stati il tenore in zuccheri, in aromi e in acidità così come la consistenza dei frutti.

I parametri qualitativi dei frutti, e particolarmente il tenore zuccherino, hanno mostrato delle differenze significative tra le diverse varietà di fragole. Per spiegare queste differenze, il criterio del rapporto foglia/frutto si è avverato un buon indicatore. Più la superficie foliare disponibile per quantità di frutti raccolti è elevata, più la concentrazione in zuccheri dei frutti è favorita. Tuttavia, quando la superficie foliare raggiunge circa 15 cm<sup>2</sup> per g di frutto, il tenore in zuccheri dei frutti arresta la sua progressione.

Nel corso della raccolta, si verifica una forte evoluzione dei parametri qualitativi delle fragole. Per il tenore in zuccheri, delle variazioni di circa 3,5 °Brix nel corso del periodo di raccolta sono state registrate per Ciflorette, Darselect e Marmolada e di circa 1,5 °Brix per Clery. Lo stadio di maturazione può ugualmente influenzare in modo significativo la qualità delle fragole.

Nel corso della maturazione, il tenore in acidi e la consistenza dei frutti sono diminuiti mentre il tenore in zuccheri ha aumentato costantemente dallo stadio «frutto bianco» fino allo stadio «frutto rosso 4/4». Tuttavia, gli aromi si sono sviluppati principalmente durante l'ultima fase di maturazione tra gli stadi «frutto rosso 3/4» e «frutto rosso 4/4».

## Summary

### Variation of the quality of strawberries: effects of cultivar, leaf/fruit ratio, harvest period and maturity stage

Consumers often complain about irregular sensory quality of strawberries (*Fragaria* × *ananassa* Duch). The aim of this study is to highlight to what extent the variation of the sensory quality can be influenced by cultivar, leaf/fruit ratio, harvest period and maturity stage of the fruits. The quality parameters analysed were the sugar, the aroma and the acid contents as well as the firmness of the fruits.

The different cultivars of strawberries showed significant variations concerning the quality parameters of the fruits, especially concerning the sugar content. The leaf/fruit ratio was a good indicator for explaining these cultivar differences. A higher leaf area per total strawberry yield increased the sugar content of the fruits. However, as the leaf area per g strawberries reached about 15 cm<sup>2</sup>, the increase in sugar content of the fruits stopped.

During the harvest period, the quality parameters of strawberries changed dramatically. Concerning the sugar content, variations of 3,5 °Brix for Ciflorette, Darselect and Marmolada and about 1,5 °Brix for Clery were recorded between the beginning and the end of the harvest. The maturity stage of the fruits had also a strong impact on quality parameters. During fruit ripening, the acid contents and firmness of the fruits decreased. In contrast, the sugar contents increased constantly from white to fully red fruits. However, the highest aroma content is reached at «fully red fruits» stage.

**Key words:** *Fragaria* × *ananassa* Duch, ripening, sensory quality, soluble solids, titrable acidity, volatile compounds.

## Zusammenfassung

### Variation der Qualität von Erdbeeren: Einfluss der Sorte, des Blatt/Frucht Verhältnisses, der Ernteperiode und des Reifegrades

Die Schwankungen der geschmacklichen Qualität von Erdbeeren ist eine häufige Beanstandung der Konsumenten. Das Ziel dieser Untersuchungen war aufzuzeigen, dass die Variation der Qualität von der Sorte, dem Blatt/Frucht Verhältnis, der Ernteperiode und des Reifegrades abhängen kann. Die untersuchten Qualitätsparameter waren der Zucker-, der Aromastoff- und der Säuregehalt, sowie die Festigkeit der Früchte.

Die verschiedenen Sorten haben sich betreffend der Fruchtqualitätsparameter signifikant unterschieden, im besonderen betreffend des Zuckergehaltes. Um diese Sortenunterschiede zu erklären, hat sich das Blatt/Frucht Verhältnis als geeigneter Indikator erwiesen. Je höher die Blattfläche pro Fruchtertrag war, desto mehr wurde der Zuckergehalt in den Erdbeeren gefördert. Dagegen ist der Anstieg des Fruchtzuckergehaltes abgeflacht, sobald die Blattfläche pro g Erdbeeren in etwa 15 cm<sup>2</sup> erreichte.

Die Fruchtqualitätsparameter der Erdbeeren haben sich im Verlaufe der Ernte stark verändert. Bezüglich des Zuckergehaltes konnte ein Variation während der Ernteperiode von 3,5 °Brix für Ciflorette, Darselect und Marmolada, sowie 1,5 °Brix für Clery festgestellt werden. Weiter spielt der Reifegrad eine grosse Bedeutung für die sensorische Qualität der Erdbeeren. Während der Reife haben der Säuregehalt und die Festigkeit der Früchte abgenommen. Indessen ist der Zuckergehalt stetig angestiegen. Im Gegensatz dazu hat sich der Aromastoffgehalt in den Früchten vor allem in der letzten Phase der Reifung vom Stadium «rote Früchte 3/4» bis «rote Früchte 4/4» entwickelt.

CARLEN C., ANÇAY A., TERRETTAZ R., AZODANLOU R., TSCHABOLD J. L., 2001. Mesure de la qualité gustative des fraises. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **33** (2), 81-86.

CARLEN C., ANÇAY A., AZODANLOU R., COTTER P.-Y., DORSAZ A., MERCIER A., TERRETTAZ R., TSCHABOLD J.-L., 2000. Action COST 915: Amélioration de la qualité des fruits et des légumes adaptée aux besoins du consommateur, Module Fraise. Rapport final, Station fédérale de Changins, Centre d'arboriculture et d'horticulture des Fougères, Conthey, 50 p.

FORNEY C. F., KRAFT W., JORDAN M. A., 2000. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity and storage. *Hortscience* **35**, 1022-1026.

Fresh Trends, 2001. Profile of fresh produce consumer. The Packer, Vance Publishing Corporation, 70 p.

HENRIOT C., CARLEN C., ANÇAY A., 2002. Influence de la photosynthèse, de la surface foliaire et du rendement sur la qualité gustative des fraises. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **34** (2), 125-130.

KALLIO H., HAKALA M., PELKKIKANGAS A.-M., LAPETELÄINEN A., 2000. Sugars and acids of strawberry varieties. *Eur. Food Res. Technol.* **212**, 81-85.

MURISIER F., ZUFFEREY V., 1997. Rapport feuille-fruit de la vigne et qualité du raisin. *Revue suisse Vitic., Arboric., Hortic.* **29** (6), 355-362.

NAVATEL J. C., 1998. Pour une fraise de qualité: quelle variété choisir? *Le Fruit Belge* **471**, 4-10.

NUNES M. C. N., MORAIS A. M. M. B., BRECHT J. K., SARGENT S. A., 2002. Fruit maturity and storage temperature influence response of strawberries to controlled atmospheres. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* **127** (5), 836-842.

POTEL A. M., 2003. Le fraisier: influence de la charge en fruits et de la surface foliaire sur la capacité photosynthétique et la qualité des fruits. Travail de diplôme DESS, Agroscope RAC Changins et ENITA de Clermont-Ferrand, 37 p.

RISSER G., NAVATEL J. C., VESCHAMBRE D., 1997. La fraise: plant et variétés. Edition Ctifl-Ciref, 103 p.

STURM K., KORON D., STAMPAR F., 2003. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage. *Food-Chemistry* **83** (3), 417-422.

VAYSSE P., VERPONT F., GUÉRINEAU C., SIMON R., 2003. Les sucres dans la fraise: le gradient de la différence. *Infos-Ctifl* **191**, 19-21.

ZUFFEREY V., 2000. Echanges gazeux des feuilles chez *Vitis vinifera* L. (cv. Chasselas) en fonction des paramètres climatiques et physiologiques et des modes de conduite de la vigne. Thèse de doctorat, EPF Zurich, 335 p.