

le Point sur

Les outils de mesure de la qualité sur fruits et légumes

Les critères physicochimiques sont une composante essentielle de la caractérisation de la qualité des fruits et des légumes (qualité organoleptique, tenue, durée de vie...). Leurs mesures réalisées selon des protocoles précis, donnent des indications objectives sur la qualité, et permettent de comparer des lots entre eux. Elles permettent aussi de vérifier le respect des règles de commercialisation, les cahiers des charges internes aux entreprises ou des clients.

La grande variété d'outils disponibles sur le marché offre diverses solutions (mesures destructives/non destructives, outils polyvalents...) pour évaluer la qualité des fruits et légumes.

Afin d'aider les professionnels de la filière fruits et légumes dans le choix des différentes méthodes et mesures proposées, le Ctifl présente dans ce document les principaux outils disponibles sur le marché, ainsi que leurs principes de fonctionnement.



Ctifl



N° 42
Septembre 2016

Les principaux critères de la qualité des fruits et des légumes

En pratique, les mesures abordées dans ce Point Sur concernent le fruit qu'il soit un fruit ou un légume (comme la tomate).

La fermeté

La fermeté globale est une composante de la qualité commerciale, elle est en général bien corrélée avec la texture ferme des produits. Elle est facilement mesurable et est un critère important pour déterminer la date de cueillette, gage de qualité gustative, et suivre l'évolution du produit dans la filière.

La teneur en sucres

La teneur en sucres est l'un des critères principaux de l'évaluation de la qualité des fruits et légumes. L'évaluation de la teneur en sucres par la mesure de la

matière sèche soluble est facilement mesurable, elle est présente dans de nombreux cahiers des charges.

L'acidité

L'acidité est également un critère important de qualité des fruits et légumes. Le rapport des sucres et de l'acidité renseigne sur le caractère doux, équilibré et acidulé des produits. Sa mesure demande un appareillage plus conséquent.

La jutosité

Selon les produits, ce critère peut avoir son importance. Le caractère juteux d'une pomme, d'une poire ou d'un agrume est un critère de qualité. Sur fraise, sur pêche, il est souvent relié au critère fondant.

Les principaux types d'appareils disponibles (liste non exhaustive)

Caractéristique mesurée	Grandeur mesurée	Appareils
Fermeté	<i>ferme</i> Force de pénétration (kg/cm ² , kg/0,5 cm ²)	Pénétromètre manuel « Effe-gi », Pénéfel, Pénéfel automatisé, pénétromètre FTA
	<i>souple</i> Résistance superficielle à la déformation (points base 100)	Durofel*
Taux de jus/jutosité	Comparaison masse du jus/masse totale (%)	Centrifugeuse, Balance, Presse agrume
Taux de sucres	% de matières sèches solubles (% Brix)	Réfractomètre manuel Réfractomètre numérique Outils proche infrarouge* (SPIR ou NIRS)
Acidité	Acidité titrable (méq/100 ml)	Titration au pH 8,1 (méthode au pH-mètre) Pocket Brix-Acidity Meter
Maturité/maturation	Régression de l'amidon Régression de la chlorophylle Évolution de la couleur de l'épiderme des fruits	Code Amidon Ctifl** DA-meter* Codes couleur Ctifl**
Taux de sucres/fermeté/acidité/jutosité (Mesures intégrées)		Automate Pimprenelle

En gras les outils et méthodes détaillés dans le Point Sur, * Outils non destructifs, ** Éditions Ctifl

Fermeté pour les fruits et légumes « durs » : le pénétromètre

Pour les produits « durs » comme la pomme, la poire, le kiwi ou la chair du melon, la mesure s'effectue avec un pénétromètre à cadran ou digital.

Principe : La mesure de la fermeté consiste à mesurer la force exercée par la pénétration d'un embout calibré à l'intérieur de la chair.

Matériels disponibles

■ Pénétromètre manuel « Effe-gi »

Il est constitué d'un dynamomètre surmonté d'un cadran gradué en kg et en livres. Il est conseillé de monter ce pénétromètre sur un bâti type perceuse pour limiter l'effet opérateur. Il existe plusieurs échelles de mesure selon les appareils : jusqu'à 5 kg ou 12-13 kg, à choisir selon le produit à mesurer.

■ Pénéfel (licence Ctifl)

Ce pénétromètre électronique est monté généralement sur un bâti de perceuse permettant de maîtriser le geste de l'opérateur. L'appareil est relié à un boîtier électronique donnant accès directement à des données statistiques (moyenne, écart-type, coefficient de variation). Le Pénéfel peut être connecté à un ordinateur et permettre ainsi la récupération immédiate des données.

■ Pénéfel automatisé

Cet appareil est muni d'une motorisation commandée par un bouton ou une pédale qui pilote l'embout calibré (automatisation du Pénéfel de base). L'opérateur a les deux mains libres pour positionner les fruits, ce système est très rapide et sans effet opérateur. Il possède également un système de récupération des données.

■ FTA

L'analyseur de Texture de Fruit (FTA: Fruit Texture Analyser - Güss) mesure la fermeté des produits par simple pression sur un bouton ou une pédale et enregistre les résultats via un ordinateur. Cet appareil est utilisé dans de nombreux pays. Les mesures sont conduites aux profondeurs standards et les vitesses de pénétration assurent des résultats précis et répétables. Ce système est aussi très rapide et annule l'effet opérateur.



Effe-gi

Pratique de la mesure (exemple sur pomme)

1. Selon les produits, des embouts de tailles différentes sont utilisés : pour la pomme, on utilise un embout de 1 cm² et pour les autres produits un embout de 0,5 cm² (sauf prune et avocat de 0,25 cm²). La fermeté de la pomme s'exprime en kg/cm² ou en livre/cm² (Lb ; 1 Lb = 0,453 kg), celle des autres fruits en kg/0,5 cm².

2. Enlever une partie très superficielle de l'épiderme à l'équateur du fruit à l'aide d'un économe (épluche légume). Réaliser deux mesures opposées par fruit. Dans tous les cas, la valeur retenue pour chaque fruit est la moyenne de ces deux mesures.

3. Enfoncer l'embout, perpendiculairement à la surface du fruit jusqu'à la rainure (Effe-gi) ou la butée (Pénéfel), soit une profondeur de 0,7 cm, réalisé automatiquement sur le pénétromètre FTA et le Pénéfel automatisé. La force appliquée doit être la plus régulière possible.

Pour être représentative, la mesure doit être réalisée sur 20 fruits minimum.

Contrôle et étalonnage des appareils

■ Pénétromètre manuel et Pénéfel

Appliquer doucement l'embout sur le plateau d'une balance (portée 10 kg minimum, précision 10 g) et appuyer. Relever la force maximale obtenue et contrôler la mesure sur le pénétromètre. Répéter l'opération en plusieurs points de la gamme de mesure (un point en valeur haute, médiane et basse). Une autre méthode consiste à positionner et maintenir le pénétromètre à l'envers sur un support stable, puis déposer successivement des masses de 1 kg et 5 kg.

Si l'écart entre les mesures obtenues à la balance ou avec le poids de référence, et celles du pénétromètre est supérieur à 0,2 kg, faire étalonner l'appareil par le constructeur. Pour les appareils type Effe-gi, changer le ressort. Le logiciel du pénétromètre FTA permet de réaliser cette vérification et un recalage par l'utilisateur pour corriger certaines dérives.

À consulter : Norme AFNOR NF V 03-201, novembre 1967 : Guide pour l'appréciation de la fermeté de la pulpe au moyen du pénétromètre.



Pénéfel automatisé



FTA

Fermeté pour les fruits et légumes « souples » : le duromètre

Pour les produits « souples » et/ou proches de la maturité comme la cerise, la prune, la fraise ou la tomate, la mesure s'effectue avec un duromètre qui mesure la résistance superficielle à la déformation de l'épiderme.

Principe : Le Durofel est un duromètre réalisant une mesure sur une échelle de 0 à 100 points. Un embout appliqué sur le produit déforme l'épiderme proportionnellement à la résistance de surface, lue sur le cadran.

Matériel disponible



Durofel sur fraise



Durofel sur tomate

Pratique de la mesure

1. En fonction des produits à mesurer, différents embouts sont à utiliser :

Embout	Produit
Durofel 10 = 0,10 cm ²	Pêche, abricot, kiwi,
Durofel 25 = 0,25 cm ²	Tomate, cerise, prune
Durofel 50 = 0,50cm ²	Fraise

2. Appliquer délicatement l'embout perpendiculairement au fruit jusqu'à la butée. Le Durofel doit être en appui fixe sur la table et le fruit est appliqué sur l'embout.

3. Réaliser deux mesures équatoriales et opposées au milieu de chaque joue du fruit afin d'être le plus représentatif possible du fruit. Les valeurs obtenues sont indiquées en point ou indice Durofel, en précisant la surface de l'embout utilisé (ID50 pour 0,50 cm²). Pour être représentative la mesure doit être réalisée sur 20 à 30 fruits minimum.

Contrôle et étalonnage des appareils

Vérifier que l'embout coulisse librement dans son support (absence de dépôt de sucre ou de « duvet » de pêche), sinon le nettoyer à l'eau savonneuse. Vérifier régulièrement l'appareil, l'aiguille doit indiquer 0 au repos (nettoyer l'embout). Puis appliquer l'embout contre une surface dure et plane, si la valeur n'est pas proche de 100, faire étalonner l'appareil par le constructeur.

Teneur en sucres : le réfractomètre

La teneur en sucres est un critère principal de l'évaluation de la qualité des fruits et légumes.

Principe : La teneur en sucres s'exprime par la mesure de la matière sèche soluble, en utilisant la propriété optique d'un jus à dévier la lumière. Pour cela, un réfractomètre manuel à visée oculaire ou électronique est utilisé.

La teneur en sucres est évaluée en % Brix (1 % Brix équivaut à une concentration en sucres de 1 g de saccharose pour 100 g de solution. À noter que cette mesure correspond à toutes les matières sèches solubles, sur fruits majoritairement aux sucres). Pour les mesures sur les fruits et légumes, il est recommandé de choisir un appareil dans la gamme de mesures 0 à 30 % Brix.

Matériels disponibles

■ Réfractomètre manuel

Il est constitué d'un oculaire de visée et d'un prisme muni d'un rabat qui maintient l'échantillon en



un film liquide. S'assurer que le rabat n'emprisonne pas d'air et que toute la surface du prisme est couverte. Une molette permet de faire la mise au point du viseur. Choisir un appareil à compensation automatique de température. Lire la valeur (frontière entre la zone claire et sombre) en pointant l'appareil vers une source lumineuse. La précision est généralement de 0,2 à 0,5 % Brix selon les modèles.

■ Réfractomètre numérique

Il est constitué d'un écran numérique, d'une platine d'échantillon au centre de laquelle se trouve un prisme. La correction de température est automatique. Les mesures sont valides dans une plage de température comprise entre 10 °C et 35 °C. La précision est de 0,1 % à 0,2 % Brix. Ces appareils sont maintenant d'un coût raisonnable et sont à privilégier du fait de leur praticité.



Outils non destructifs NIR (voir plus loin)

à gauche :
réfractomètre
manuel (lecture
oculaire)

à droite :
réfractomètre
digital

Teneur en sucres : le réfractomètre (suite)

■ Pocket Brix-Acidity Meter : ATAGO Pal-Acid

Un nouvel outil est proposé par la société Atago pour une mesure combinée des sucres et de l'acidité. Il permet à l'aide de quelques gouttes de jus de mesurer l'indice réfractométrique et l'acidité de plusieurs fruits ou légumes comme la tomate, la fraise, le raisin, la pomme, le kiwi, les agrumes, etc..., sans avoir besoin de matériel complexe pour la titration et sans réactif supplémentaire. Un outil différent est proposé par espèce ou par type d'acide dominant dans le produits (acide malique, tartrique, citrique...)



L'outil indique la teneur en sucres en % Brix (par réfractométrie) à partir du jus directement prélevé sur l'échantillon. Pour la mesure de l'acidité une dilution du jus par 50 avec de l'eau déminéralisée doit être faite avant une mesure sur la même cellule (par conductimétrie).

Des tests sur la fiabilité de cet outil sont en cours au Ctifl sur la pomme et la tomate.

Pratique de la mesure (exemple pomme)

1. Couper deux quartiers opposés du fruit. Pour les pommes bicolores prendre un quartier très coloré et un moins coloré.
2. Mettre les quartiers dans un broyeur- centrifugeur. Pour être représentative, la mesure doit être réalisée sur un broyat de 20 fruits minimum.
3. Faire le « zéro » du réfractomètre numérique avec de l'eau déminéralisée. Vérifier que le réfractomètre manuel indique bien « 0,0 » lorsqu'on dépose

quelques gouttes d'eau déminéralisée sur le prisme. Essuyer le prisme avec un chiffon doux puis verser quelques gouttes de jus sur le prisme.

4. Lire la valeur à travers l'oculaire gradué (réfractomètre manuel), ou sur l'afficheur numérique (réfractomètre numérique). La lecture doit être rapide pour éviter toute concentration. Nettoyer au chiffon sec et **bien sécher le prisme** entre deux mesures.

Contrôle et étalonnage des appareils

■ Réfractomètre manuel

Avant chaque série, déposer quelques gouttes d'eau déminéralisée sur le prisme propre, vérifier que l'appareil indique zéro.

■ Réfractomètre numérique

Faire le zéro de l'appareil avec de l'eau déminéralisée.

■ Tous les appareils

Contrôler régulièrement le réfractomètre. A l'aide d'une solution étalon de 20 % Brix, vérifier la mesure. Elle ne doit pas différer de +/- 0,2 % Brix.

Dans le cas contraire, contacter votre revendeur.

Pour réaliser une solution étalon à 20 % Brix, ajouter 20 g de saccharose pur dans 80 g d'eau afin d'obtenir un total de 100 g de solution.

À consulter : • Norme AFNOR NF V 05-109, décembre 1970 : Produits dérivés des fruits et légumes – Détermination conventionnelle du résidu sec soluble (méthode réfractométrique).

• Norme AFNOR NF V 20-201, décembre 1981 : Méthode de pré-somption de la qualité gustative des pommes Golden Delicious (indice de qualité).

• Driou A., 1991. Réfractométrie. In : « Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires ». Technique et Documentation, vol. 2, p. 49-52.

Pal-Acid



Le Point sur

Le Point Sur vous offre une synthèse des connaissances sur des sujets ciblés pour les professionnels de l'amont à l'aval de la filière fruits et légumes, comme : la reconnaissance des nouvelles variétés de fruits, des éléments de réglementation (production, conservation, distribution, commercialisation), la mesure de la qualité des fruits et légumes, des données économiques...

Acidité : le titrimètre

L'acidité est un critère de qualité des fruits et légumes. Le rapport entre la teneur en sucres et en acide détermine la perception en bouche du produit. Le caractère doux ou acidulé d'un produit dépend de l'équilibre entre les teneurs et du niveau absolu de chaque composant.

Principe : Pour mesurer l'acidité titrable, on neutralise les acides contenus dans le jus des fruits par une solution de soude décimale (N/10) jusqu'au pH 8,1. Plus ce jus est acide et plus la quantité de soude nécessaire sera importante pour les neutraliser.

Matériels disponibles

Différents titrimètres plus ou moins automatisés, avec ou sans passeur d'échantillons sont disponibles sur le marché (voir aussi Pocket Brix-Acidity Meter page 5). La mesure avec une burette graduée et un pH-mètre dont la sonde trempe dans la solution à mesurer reste possible mais délicate.



à gauche :
titrimètre
classique



à droite :
titrimètre
automatique
avec passeur
d'échantillons

Important : La méthode colorimétrique est maintenant à proscrire au vu du caractère présumé cancérigène de l'indicateur coloré utilisé (la phénolphthaléine).

Pratique de la mesure

■ Préparation du jus

Selon la grosseur des produits, centrifuger de 20 à 30 fruits. Pour les gros fruits, deux quartiers opposés sont prélevés. Pour les petits fruits (fraises, cerises...) on prendra les fruits entiers et dénoyautés le cas échéant.

1. Mettre les fruits dans le broyeur centrifugeur.
2. Prélever précisément 10 ml de jus avec une pipette graduée ou 10 g de jus par pesée. Si le jus est épais, il peut être filtré avec un filtre à café. Pour les jus pulpeux peser exactement 10 g. Pour les jus très acides (agrumes), ne prélever que 5 ml pour éviter de verser de grandes quantités de soude (hydroxyde de sodium). On peut rajouter 20 à 30 ml d'eau déminéralisée. Bien mélanger.

■ Méthode titrimétrique avec pH-mètre

Verser progressivement la soude N/10 jusqu'à obtenir un pH de 8,1.

L'acidité du fruit s'exprime en milliéquivalents pour 100 ml (meq/100 ml) ou en milliéquivalents pour 100 g de matière fraîche (meq/100 g) si la prise d'essai est en poids.

$$\text{Acidité (meq/100 ml)} = \frac{(100 \times V_s \times c)}{V_0}$$

V₀ = volume en mL de la prise d'essai (10 ou 5 ml)

V_s = volume en mL de la solution de soude utilisée pour le dosage (valeur lue)

c = concentration exacte, en moles par litre, de la solution de soude (0,1 N)

L'acidité de la pomme et de la poire est exprimée usuellement en grammes par litre d'acide malique, acide dominant de ces fruits.

Pour la pomme et la poire :

$$\text{Acidité malique (g/l)} = \text{Acidité totale (meq/100 ml)} \times 0,67$$

Pour le raisin :

$$\text{Acidité tartrique (g/l)} = \text{Acidité totale (meq/100 ml)} \times 0,75$$

Pour les agrumes :

$$\text{Acidité citrique anhydre} = \text{Acidité totale (meq/100 ml)} \times 0,64$$

Contrôle et étalonnage des appareils

Le pH-mètre servant à la titration doit être étalonné, au début de chaque nouvelle série de mesures, à l'aide de deux solutions tampons préconisées par le constructeur (en général, à pH 4 et pH 7).

L'électrode du pH-mètre est un élément fragile : vérifier le niveau de l'électrolyte interne dans lequel doit baigner le filament.

La partie basale de la sonde doit être conservée dans de la solution électrolytique.

Les solutions tampons, la soude N/10, l'électrolyte sont disponibles chez les fournisseurs de matériel de laboratoire. Elles doivent être renouvelées périodiquement et conservées au froid (réfrigérateur).

À consulter : • Norme AFNOR NF EN 12147, mars 1997 : jus de fruits et de légumes – détermination de l'acidité titrable.

• Norme AFNOR NF V 05-101, janvier 1974 : Produits dérivés des fruits et légumes – Détermination de l'acidité titrable.

• Norme ISO/DIS 750, août 1997 : Fruits and vegetable products – Determination of titratable acidity.

• Norme AFNOR NF V 20-201, décembre 1981 : Méthode de pré-somption de la qualité gustative des pommes Golden Delicious (Indice de qualité).

Jutosité : les centrifugeuses et balances

Principe

On extrait une quantité de jus, soit par broyage ou centrifugation de produits entiers ou en morceaux que l'on rapporte au poids total du produit. La centrifugation permet aussi d'obtenir le jus nécessaire à la mesure des sucres et de l'acidité.

Matériels disponibles

■ Centrifugeuses

Nombreux appareils disponibles dans le commerce. Préférer des appareils robustes.

Pratique de la mesure

I. Méthode globale par centrifugation

- Peser l'échantillon total de fruits (10 à 30 selon leur taille) avec une balance (précision 1 g).
- Tarer le bécher de récolte du jus.

- Broyer-centrifuger les fruits.
- Récolter le jus total dans le bécher.
- Peser le jus.

$$\text{Jutosité (\%)} = \frac{\text{masse de jus (g)}}{\text{masse de l'échantillon (g)}} \times 100$$

Attention : selon la méthode d'extraction du jus et/ou les appareils utilisés, les résultats peuvent être différents et par conséquent non comparables.

Contrôle et étalonnage des balances

Contrôler régulièrement la précision des balances avec des poids étalonnés ou les faire étalonner par le fabricant.



Centrifugeuse



Balance

Matériel polyvalent : Pimprenelle

Pimprenelle est un automate qui mesure la masse, la fermeté, l'indice réfractométrique de chaque fruit, puis la jutosité et l'acidité de l'ensemble du lot analysé. Un programme est adapté à chaque espèce analysée : fruits à pépins, fruits à noyau, agrumes, petits fruits, etc... L'automate calcule les moyennes et la dispersion de l'échantillon et stocke les données sur ordinateur.

L'automate est fabriqué par la Société Setop Giraud-Technologie. L'appareil est généralement loué pour une campagne. La société en assure l'installation et la maintenance.

Contrôle et étalonnage des appareils



Les appareils sont livrés étalonnés. L'appareil réalise un autocontrôle à chaque cycle de mesures. Un nettoyage complet et minutieux de l'appareil doit

être réalisé journalièrement ou à chaque fin d'utilisation. Il est possible en cas de doute de contrôler les résultats en doublant les mesures au laboratoire. Une procédure de contrôle (peson, pénétromètre, réfractomètre, pH-mètre, dosage de l'acidité) est fournie avec l'appareil.

Pratique de la mesure

(exemple sur fruits à pépins et noyau)

■ Poids des fruits

Les fruits sont disposés sur un barillet et sont pesés individuellement.

■ La fermeté

La fermeté est mesurée par un pénétromètre électronique avec un embout de 1 cm² de surface pour la pomme et 0,5 cm² pour les autres fruits « durs ». Un système denté, placé sur l'embout, permet la découpe de l'épiderme. Sur les pommes et les poires, les mesures obtenues sont comparables avec celles du Pénéfel. Les mesures sont collectées individuellement, la moyenne et l'écart-type sont fournis.

■ Les sucres

Chaque fruit est écrasé individuellement. Le jus est mesuré par un réfractomètre électronique qui donne la teneur en sucres (% Brix). L'appareil renvoie les mesures individuelles, la moyenne et l'écart-type. La mesure des sucres est comparable aux mesures classiques, la méthode d'extraction porte sur le fruit entier.

■ L'acidité

Une masse de jus est prélevée sur la totalité du jus pour mesurer l'acidité totale qui est ensuite exprimée en g/l d'acide malique (pomme, poire).

■ La jutosité

Le poids de jus total extrait est comparé au poids initial des fruits. La jutosité est exprimée en %.

Mesures non destructives : les spectromètres (NIR et visible)

Les mesures fiables de la qualité se font en routine avec des outils nécessitant la destruction du fruit.

Des appareils utilisant des technologies comme la spectrométrie proche infrarouge ou une mesure acoustique ou d'impact permettent des mesures qualitatives sans détruire le fruit.

Pour la mesure des sucres, différents types d'appareils, basés sur la Spectrométrie Proche Infrarouge (SPIR ou NIRS : Near Infrared Spectroscopy) sont commercialisés. Cette méthode nécessite la construction au préalable d'un modèle mathématique pour relier la mesure de référence (réfractomètre) à la nouvelle mesure. Ces modèles varient en fonction de multiples paramètres et ne sont pas universels. Il apparaît indispensable d'apprécier la fiabilité et la robustesse des modèles ainsi que leur domaine d'application.

Les travaux au Ctifl sur la SPIR concernent les mesures de la qualité à l'agrégage. La mesure de la matière sèche ou la détection de défauts internes sont également possibles avec certains outils.

La technique repose sur l'analyse de la lumière traversant le fruit à mesurer. Celui-ci est éclairé à l'aide d'une source lumineuse émettant dans le proche infrarouge (800-2500 nm). La lumière pénètre à l'intérieur de la chair où elle suit un trajet complexe : une partie est absorbée par les constituants internes, le reste est redirigé vers l'extérieur – soit en transmission après avoir traversé tout le fruit, soit en réflexion diffuse, après avoir été réfléchi par différentes interfaces internes du fruit.

L'analyse de la quantité de lumière transmise ou réfléchi va donc fournir des renseignements sur la composition du fruit, sur certaines de ses propriétés physiques ou sur la présence d'éventuels défauts internes. Cette analyse est réalisée par un spectromètre qui mesure l'intensité lumineuse à différentes longueurs d'onde et renvoie un spectre d'absorption dont la forme varie en fonction de la composition

du fruit mesuré et de sa structure interne.

Pratique de la mesure : une méthode par apprentissage

Les variations du spectre proche infrarouge ne sont cependant pas directement proportionnelles aux variations de la composition des fruits (taux de sucres, acidité). Dans un premier temps, il est donc nécessaire de construire un modèle statistique sur un grand nombre de fruits pour relier les spectres lumineux aux valeurs de taux de sucres ou d'acidité correspondantes, mesurées de façon destructive.

Une fois le modèle construit, la mesure devient alors non destructive, car seul le spectre lumineux est utilisé pour prédire la grandeur souhaitée.

Matériels disponibles

■ Le NIR case

Le NIR Case a été développée par la société italienne Sacmi. Il permet une mesure non destructive de certains paramètres de la qualité des fruits et légumes, à différentes étapes de la filière : depuis la récolte jusqu'à la commercialisation.

L'appareil se présente sous la forme d'une valise portable, à connecter sur une prise secteur et comprend plusieurs éléments :

- un anneau d'éclairage puissant ;
- un bouton de déclenchement de la mesure (éclairage et enregistrement des données) ;
- un PC de poche avec écran tactile pour afficher et gérer les données ;
- un support adaptable pour poser les fruits ;
- un logiciel de traitement de données pour l'étalonnage des modèles de prédiction, accompagné d'une documentation par espèce (pomme-poire-pêche, fraise...), pour réaliser les mesures non destructives de référence.

Intérêts de la méthode

La mesure est non destructive et souvent sans contact et très rapide, de 1 à 10 fruits par seconde pour les systèmes en ligne. Les outils peuvent être portatifs ou de laboratoire, ils sont aussi installés en ligne sur les chaînes de calibrage, nous détaillerons quelques appareils portatifs.

Limites

Les fruits sont constitués essentiellement d'eau, qui absorbe fortement la lumière dans le proche infrarouge. L'information propre liée à la composition chimique du fruit est difficile à extraire. L'épaisseur de l'épiderme et les conditions de mesure vont entraîner de la variabilité dans les résultats, aussi un soin particulier sera pris lors de la création de modèles par espèce voire par variété. Chaque modèle n'est valide habituellement que pour un appareil donné.

Le prix de ces outils est encore élevé (plusieurs milliers d'euros) mais les prix sont en baisse en raison des progrès réalisés par les fabricants.

Mesures non destructives : les spectromètres (NIR et visible) (suite)

■ Étalonnage des modèles de prédiction :

De la qualité et l'importance des lots étalons dépendra la qualité et la précision des modèles.

Un modèle doit être calculé pour chaque espèce et chaque paramètre. Celui-ci est construit à partir des spectres proche infrarouges et des valeurs destructives mesurées sur les mêmes fruits, au niveau de la zone d'enregistrement des spectres.

La notice et les outils informatiques sont fournis pour l'élaboration des modèles.

Afin de rendre robuste ces modèles il est nécessaire de balayer la variabilité d'une espèce, voire d'une variété et d'ajouter régulièrement de nouveaux lots. Sur fruits, une précision de l'ordre de 1 % Brix est généralement obtenue (Résultats Ctifl).

■ Autres outils disponibles (liste non exhaustive) :

- Outils de mesures en ligne : TOPNIR (SETOP Giraud-Technologie); Système F5 (SACMI) ; Taste Mark TM (Taste Technologies Ltd) ; AWETA (IQA) ; GREEFA (iFA NL) ; MAF RODA.

- Outils de mesures portatifs pour l'agrèage :

- Quality Station (UNITEC),
- Sunforest non destructive tester H-100 : % Brix, maturité, chlorophylle et « browning »,
- F 750 Quality meter (Felix Instruments) : matière sèche, % Brix, maturité et couleur
- Multiplex (Force A)...

■ Le DA-meter : mesures dans le visible

Le DA-meter permet une mesure non destructive de la maturité du fruit (pomme, poire, pêche, abricot...) en mesurant la diminution de la teneur en chlorophylle immédiatement sous la peau pendant la maturation.

La baisse de teneur en chlorophylle peut être considérée comme un indicateur représentatif du stade de développement. La teneur en chlorophylle dans un fruit est un indicateur de l'avancement de la maturation.

L'index de maturité est calculé à partir de la différence d'absorbance (DA) entre deux longueurs d'onde (à 680 et 720 nm) proche du pic d'absorbance de la chlorophylle a.

Le DA-meter est un outil non destructif permettant d'estimer l'évolution de la maturité des fruits directement sur l'arbre et ainsi d'établir le moment de la récolte optimale.

Des études sont réalisées sur pomme par le Ctifl pour corréliser les valeurs de référence de la régression de l'amidon (code Ctifl - OCDE) et les valeurs DA sur les principales variétés afin de fournir les valeurs DA correspondant à l'optimum de récolte.

à gauche :
NIR case



à droite :
DA-meter



Contacts

Pierre Vaysse

Ctifl, Centre de Lanxade
28 route des Nébouts
24130 Prignonrieux
Tél. +33(0)5 53 58 00 05
e-mail : vaysse@ctifl.fr

Vincent Mathieu

Ctifl, Centre de Balandran
751 chemin de Balandran
30127 Bellegarde
Tél. +33(0)4 66 01 10 54
e-mail : mathieu@ctifl.fr

Brigitte Navez - Sébastien Lurol

Ctifl, Centre de St Rémy
Route de Mollégès
13210 Saint Rémy de Provence
Tél. +33(0)4 90 92 05 82
e-mail : navez@ctifl.fr ; lurol@ctifl.fr

Sophie Annibal

Ctifl Rungis
1 rue de Perpignan-Bât D3
Fruileg 420 - 94632 Rungis Cedex
Tél. +33(0)1 56 70 11 30
e-mail : annibals@ctifl.fr

Pour en savoir plus

Fournisseurs de matériel (liste non exhaustive)

HANNA INSTRUMENTS FRANCE

1 rue du Tanin BP 133 F-67833 Tanneries Cedex
Tél. : +33(0)3 88 76 91 88 - Fax : +33(0)3 88 76 58 80
<http://www.hannainstruments.fr/>

FISHER SCIENTIFIC - Fisher Scientific SAS

Boulevard Sébastien Brant
F67403 Illkirch Cedex
Tél. : +33(0)3 88 67 14 14 - Fax : +33(0)3 88 67 11 68
fr.fisher@thermofisher.com

UNIVERS DE L'EMBALLAGE SA

Matériel de mesures
ZA Rocade Nord – Lot 14
13550 Noves
Tél. : +33(0)4 90 24 32 50 - Fax : +33(0)4 90 24 32 51
www.univers-emballage.com

MERCK EUROLAB

Matériel de laboratoire
201, rue Carnot
94126 Fontenay-sous-bois
Tél. : +33(0)8 25 02 30 30 - Fax : +33(0)8 25 02 30 35
www.merck.fr

DUJARDIN-SALLERON

18 rue Henri Barbusse
94117 Arcueil Cedex
Tél. : +33(0)1 45 46 04 05 Fax : +33(0)1 45 46 01 13
www.dujardin-salleron.com

ÉQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES SA

127, rue de Buzenval - BP26
92380 Garches
Tél. : +33(0)1 47 95 99 12 - Fax : +33(0)1 47 01 16 22
www.es-france.com

VWR INTERNATIONAL FRANCE

201 rue Carnot
94126 Fontenay-sous-Bois Cedex
Tél. : +33(0)1 45 94 85 00 - <http://fr.vwr.com>

SETOP GIRAUD TECHNOLOGIE

Matériel de mesures- Automate Pimprenelle
21, avenue du Général Leclerc
84300 Cavaillon
Tél. : +33(0)4 90 76 15 34 - Fax : +33(0)4 90 71 82 01
www.setop.fr

AWETA FRANCE

Matériel de mesures non destructif
135, Avenue Pierre Semard
M.I.N. Bât. J12
84000 Avignon
Tél. : +33(0)4 90 88 21 66 - Fax : +33(0)4 90 88 91 27
aweta@aweta-france.com

UNITEC S.R.L.

Matériel de mesures non destructif
Via Prov. le Cotignola, 20/9
48022 Lugo - Italia
Tél. : +39 0545 288884 - Fax : +39 0545 288709
unitec@unitec-group.com - www.unitec-group.com

SACMI

Matériel de mesures non destructif
Département F5 Impact (outils SPIR)
Via selice prov. 17/a
40026 - Imola - Italia
Tél. : +39 0542 64 98 66
<http://www.sacmi.it> - enzo_pagliarani@sacmi.it

FORCE-A

Centre entrepreneurial de l'Institut d'Optique
Bâtiment 503, rue du Belvédère
91400 ORSAY
Tél. : +33(0)1 69 35 88 97 - www.force-a.com

ATAGO

<http://atago.net/French/products.html>

Felix Instruments

<http://www.felixinstruments.com/products/f-900>

Sunforest

<http://sunforest.en.ec21.com/>

Ouvrages de référence

- Vénien S., *et al.* 2000. Agréage fruits et légumes, mode d'emploi. Ctifl, novembre 2000. 64p.
- Vaysse P., *et al.* ; 2004. Pomme-Poire de la récolte au conditionnement : outils pratiques. Ctifl, Juin 2004. 124p.
- Millan M., *et al.* 2005. Cerise-Raisin de table de la récolte au conditionnement : outils pratiques. Ctifl, Avril 2005. 176p.
- Lurol S., *et al.* 2007. Pêche-Abricot de la récolte au conditionnement : outils pratiques. Ctifl, Avril 2007. 116p.

- Retrouvez nos collections « Le Point Sur » librement téléchargeables sur : www.ctifl.fr>Nos publications>Le Point Sur
- Le Ctifl est présent sur Internet : www.ctifl.fr - e-mail : « votre contact au Ctifl »@ctifl.fr