

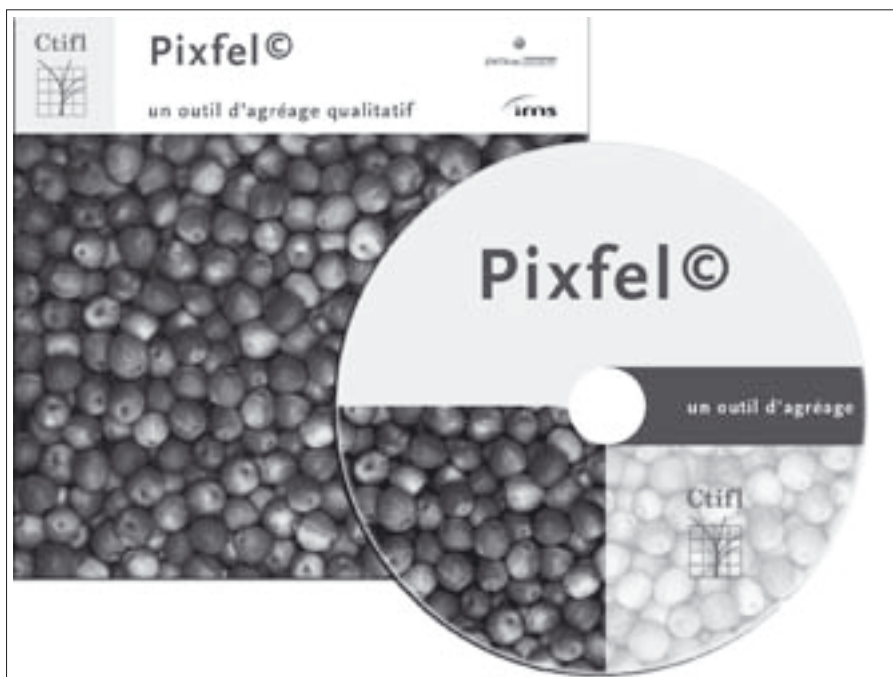
RÉSUMÉ

Connaître précocement la qualité commerciale des lots de pommes est un enjeu majeur pour les stations fruitières, le nouvel outil Pixfel[®] développé par le Ctifl en collaboration avec l'Enitab et l'IMS permet de façon rapide, au moyen d'analyses photographiques, d'estimer les rames de calibre et les niveaux de coloration des pommes en palox dès la récolte². Cet outil permet d'améliorer les méthodes existantes qui demeurent manuelles : il mesure un plus grand nombre de palox, de façon non destructive, avec une meilleure précision et un gain de temps appréciable.

FOR APPLE BATCHES IN FRUIT BINS: PIXFEL[®], A NEW TOOL FOR QUALITY ASSESSMENT

Having an accurate assessment of the commercial quality of apple batches is critical for fruit platforms.

The new Pixfel[®] tool developed by Ctifl in partnership with Enitab and IMS is a quick method for estimating the colour and size range of apples in fruit bins as soon as they are harvested. The tool is an improvement over existing manual methods: it performs non-destructive measurement of a greater number of bins, with greater accuracy and considerable time savings.



Pixfel[®], un outil d'agréage qualitatif pour les stations fruitières³

Pour les lots de pommes en palox

Pixfel[®], un nouvel outil d'agréage qualitatif

1 - IMS : Laboratoire d'intégration du matériau au système

2 - Projet ayant fait l'objet d'un financement Casdar sur la période 2006-2007

3 - Cet outil est maintenant disponible. Pour plus de renseignement, vous pouvez contacter Pierre Vaysse au centre Ctifl de Lanxade au 05 53 58 00 05.

La connaissance précoce du niveau qualitatif des pommes est un outil indispensable de gestion commerciale des lots. Elle permet de prévoir la qualité finale des lots mis en conservation et ainsi bâtir une stratégie de mise en marché, d'anticiper les plannings commerciaux et mieux valoriser la récolte. Le coût raisonnable des systèmes de vision est une opportunité pour proposer à la profession un sys-

tème de gestion de la prévision qualitative adapté aux stations fruitières. Cette prévision pourra se réaliser dès la récolte, à l'entrée des lots dans la station par la réalisation de prises de vues sur les palox récoltés. L'objectif est d'estimer précocement et automatiquement le potentiel catégoriel des pommes, à savoir la répartition des calibres et le niveau de coloration de l'épiderme en s'intégrant dans le système de traçabilité de la station.



Principe de l'outil

À partir de photographies de la couche superficielle du palox prises à l'aide d'un appareil photo de 8 Megapixels, le logiciel Pixfel[®] interprète la photo et déduit une rame de calibre et des niveaux de coloration. Cet outil permet d'améliorer les méthodes existantes par échantillonnage manuel de fruits dans des palox. Pixfel[®] permet d'augmenter le nombre de palox mesurés avec une meilleure précision et un gain de temps appréciable.

Un appareil photo numérique avec un objectif de 28 mm (équivalent à 42 mm en argentique) est positionné à 2,4 m au dessus du palox à photographier grâce à un statif rigide (PHOTO 1).

Un système d'éclairage en lumière blanche permet d'éclairer de façon homogène le palox et évite toute ombre parasite. Les photos au format JPEG sont directement stockées sur le disque dur d'un ordinateur et identifiées par un code défini par le producteur. Celles-ci sont ensuite analysées par le logiciel Pixfel[®] permettant la détermination des calibres et des niveaux de coloration. Le résultat final s'intègre facilement dans le système de traçabilité interne de la station.

PHOTO 1 - Dispositif de prise de vue



4 - Infos-Ctifl, n° 236, novembre 2007, p. 29-32

PHOTOS 2 - Génération de diamètre par le CHTS

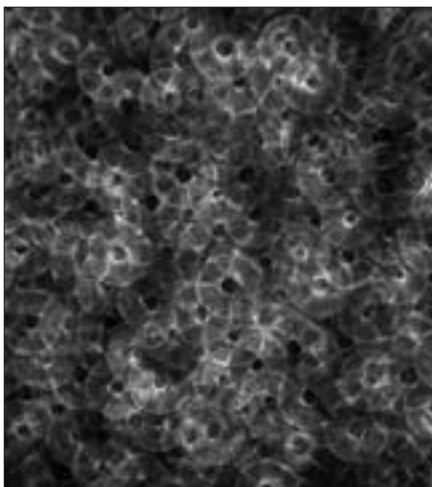


PHOTO 2A - « rayon inadapté »

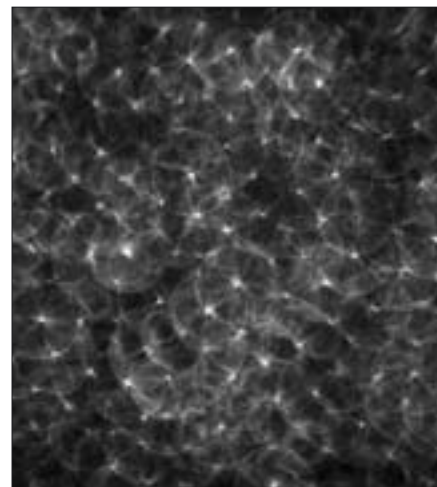


PHOTO 2B - « rayon correct »

Études préalables

Il faut se reporter à l'article de Vaysse et al (2007) sur « Les lots de pommes en palox, Pixfel[®] un outil d'agréage qualitatif »⁴.

Représentativité de la couche superficielle du palox.

Une première étude permettant de s'assurer de la représentativité de la couche superficielle par rapport à l'ensemble du palox a été menée. Pour ce faire plusieurs palox photographiés ont été calibrés séparément afin de déterminer leur rame réelle de calibre. La comparaison statistique des deux distributions à l'aide d'un test d'homogénéité de χ^2 a permis de conclure à l'absence de différence entre les deux distributions ($p = 0,85$), la couche superficielle est donc bien représentative de l'ensemble du palox.

Estimation de la rame de calibre : le CHTS

L'interprétation de l'image de la couche superficielle du palox utilise une méthode baptisée CHTS (Circular Hough Transform Space).

Cette méthode s'appuie sur une méthode classique en analyse d'image : la transformée de Hough circulaire. L'objectif est, pour un rayon r donné, de générer en chaque point de l'image un cercle dont l'intensité est proportionnelle au gradient local. Les cercles les plus brillants sont donc centrés sur les bords des pommes. Il suffit de répéter le même calcul pour

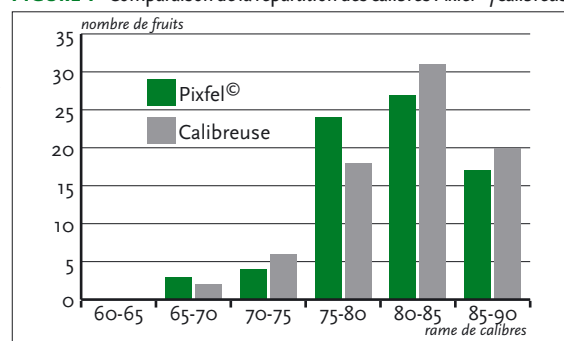
différentes valeurs du rayon r , et lorsque la valeur de ce rayon r correspond au rayon de la pomme, l'ensemble des cercles brillants se regroupe au centre de la pomme créant ainsi un point très lumineux (PHOTO 2B).

Si pour l'ensemble du palox les rayons sont trop faible par rapport à la réalité, les cercles ne se recoupent pas au centre et aucun point brillant n'est détecté (PHOTO 2A). Le logiciel sélectionne les points les plus lumineux, ceux-ci traduisant les pommes les mieux représentées dont le diamètre ainsi calculé sera conservé.

Validation de la répartition des calibres CHTS

Une méthode similaire à celle utilisée pour valider la représentativité de la couche superficielle a permis la validation de l'ensemble de la phase d'estimation de l'ensemble des calibres par Pixfel[®]. La figure 1 montre une comparaison réalisée sur un palox entre répartition Pixfel[®] et calibre du palox. Au final, une bonne adéquation entre valeurs réelles du palox et valeurs Pixfel[®] a été montrée.

FIGURE 1 - Comparaison de la répartition des calibres Pixfel[®]/calibreuse



Détermination de la coloration des pommes

Chaque pixel de l'image est classé selon sa couleur (**PHOTO 3**) et une analyse statistique est ensuite réalisée en fonction des couleurs, ce qui permet au final de définir des classes de coloration avec un % moyen de pommes colorées pour chacune des classes. La figure 2 montre sur neuf lots de Galaxy la comparaison entre coloration Pixfel[®] et passage à la calibreuse.

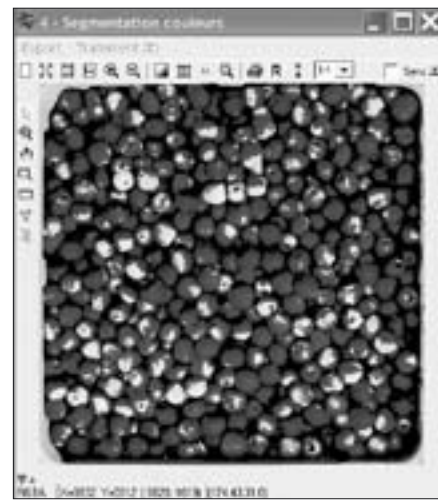
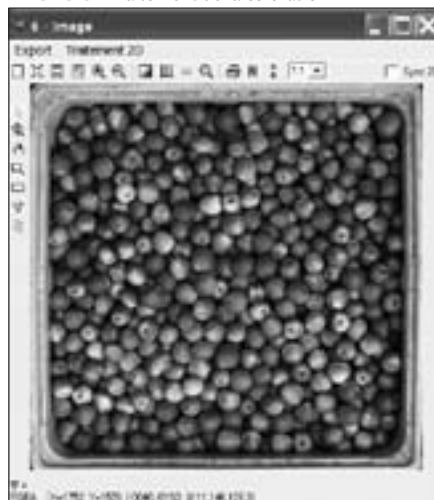
Validation professionnelle

L'outil Pixfel[®], pour sa partie détermination des calibres et de la coloration, a subi une phase de validation professionnelle : dans une station fruitière, la SCICA Castang, partenaire du projet ; puis sur deux autres stations, une située en Charente et l'autre en Val-de-Loire. Cette validation a permis aussi de voir comment ce module pourra efficacement s'intégrer dans la démarche de contrôle qualité en place sur la station d'une part et dans le système de traçabilité existant d'autre part.

Comparaison agréage manuel et Pixfel[®]

Une étude a été réalisée sur la variété Gala à l'arrivée des palox à la station. Chacun

PHOTO 3 - Traitement de la coloration



des palox a été agréé manuellement selon la méthode utilisée par la station (50 fruits pris au hasard mis dans une boîte à calibre), puis une photo du palox a été prise avec le dispositif Pixfel[®] pour finalement être analysée. Sur 116 lots de pommes Gala testés la corrélation entre agréage manuel et estimation Pixfel[®] est assez bonne : $R = 0,79$ (**FIGURE 3**).

À titre d'exemple la figure 4 montre la répartition de 2 lots de Gala en agréage manuel et mesure Pixfel[®].

Dans le cas présenté sur la figure 4b, il est possible d'apercevoir une différence entre l'estimation obtenue par échantillonnage manuel et l'estimation Pixfel[®]. En agréage manuel, il peut exister un biais lors de la prise des pommes, en revanche la répartition Pixfel[®] suit parfaitement une loi normale. Les figures 4 montrent en effet une répartition plus « gaussienne » des calibres définis par Pixfel[®] par rapport au calibrage manuel. Pixfel[®] permet de s'affranchir complètement de l'effet opérateur.

FIGURE 2 - Comparaison de coloration Pixfel[®] et calibreuse sur Galaxy

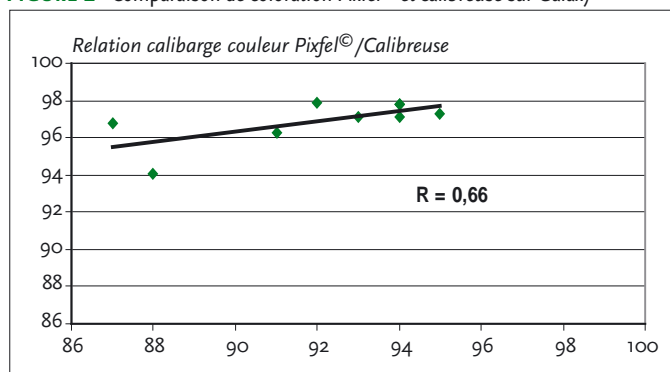


FIGURE 3 - Corrélation du calibre moyen agréage manuel et Pixfel[®]

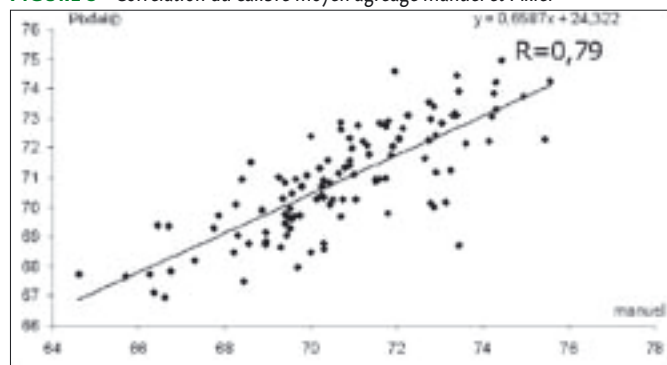


FIGURE 4 - Comparaison agréage manuel et Pixfel[®] sur Gala

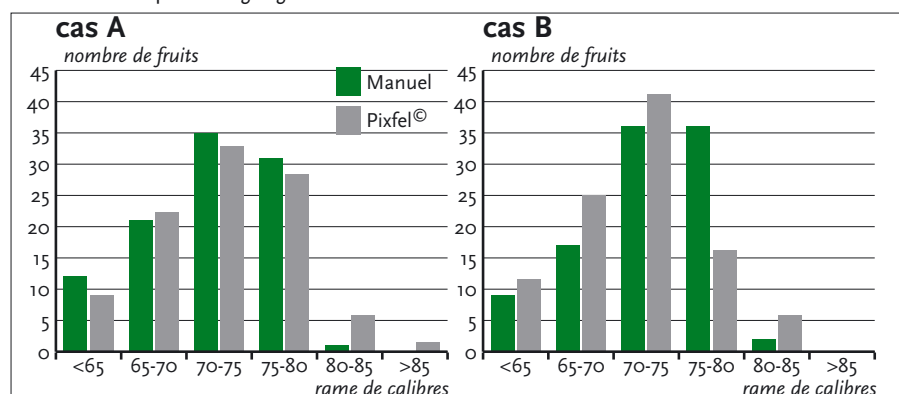
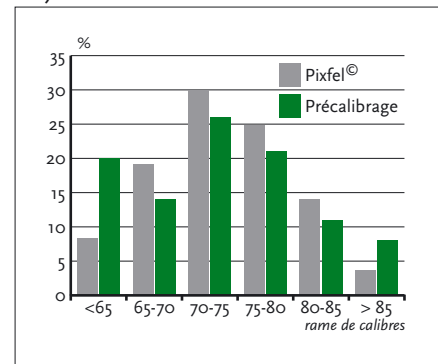


FIGURE 5 - Comparaison précalibrage et Pixfel[®] sur Jazz[®]





Comparaison précalibrage et Pixfel©

Sur un précalibrage avec la variété Jazz® (FIGURE 5) on obtient une répartition correcte par rapport au calibrage complet de la parcelle.

Pixfel© apporte un gain de temps appréciable dans l'agréage entrée station des lots de pommes, la prise de vue d'un palox est inférieure à une minute, tout en améliorant la qualité d'échantillonnage. L'archivage des résultats dans une base de données facilite l'utilisation des résultats et en garantit la traçabilité. Cet outil arrive désormais dans sa phase commerciale, et il est maintenant disponible pour les stations qui souhaitent l'utiliser.

Version commerciale

Elle comprend trois modules :

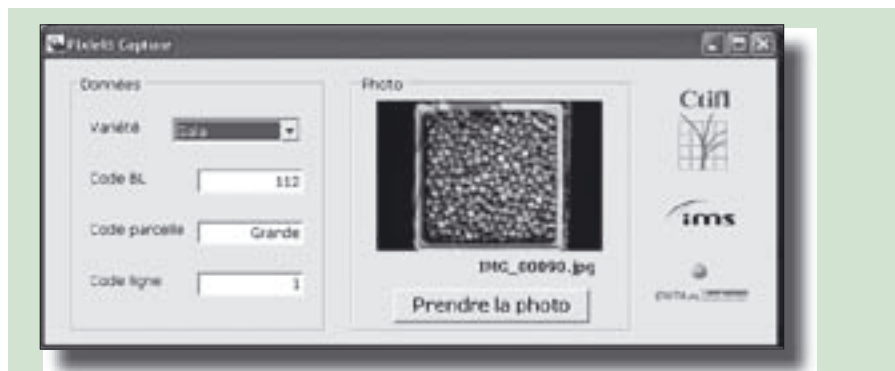
PixfelCapture : permet de gérer directement les prises de vues avec un appareil photo type CanonEOS 400D (cf. photo dispositif de prises de vues). Les codes d'identification du palox sont directement rentrés dans l'ordinateur qui commande la prise de vue et stocke la photo dans son disque dur.

PixfelImport : permet de gérer directement la carte mémoire d'un appareil photo du commerce en identifiant les photos (codage palox) prise et les stocke sur l'ordinateur.

Pixfelprocess : le cœur du système, récupère les photos et effectue le traitement programmé.

Le résultat final (TABLEAU 1) est donné sous forme de tableau (type Excel). L'acquisition et le traitement des photos nécessitent le logiciel Access. Un cahier des charges permettant la construction du statif portant le dispositif de prise de vue est joint au logiciel. Si l'on utilise un appareil photo du commerce, l'utilitaire PixfelImport permet de sélectionner et identifier chaque photo en affectant les codes palox comme PixfelCapture et remplir automatiquement la base de données. ■

DÉTAIL DE PIXFELCAPTURE - Sur l'écran d'un ordinateur portable, l'identification de la variété et des palox se fait à gauche tandis que la photo prise apparaît sur l'écran. La base de données se construit automatiquement



DÉTAIL DE PIXFELPROCESS - Après les prises de vues, les images sont traitées par PixfelProcess. Une clé de tri permet de sélectionner les images à traiter, pour cela une calibration préalable est nécessaire



LA CALIBRATION PALOX - Entrer la largeur du palox et à sélectionner la zone de traitement de l'image. La calibration couleur permet de sélectionner les seuils de coloration et la rame de coloration souhaitée

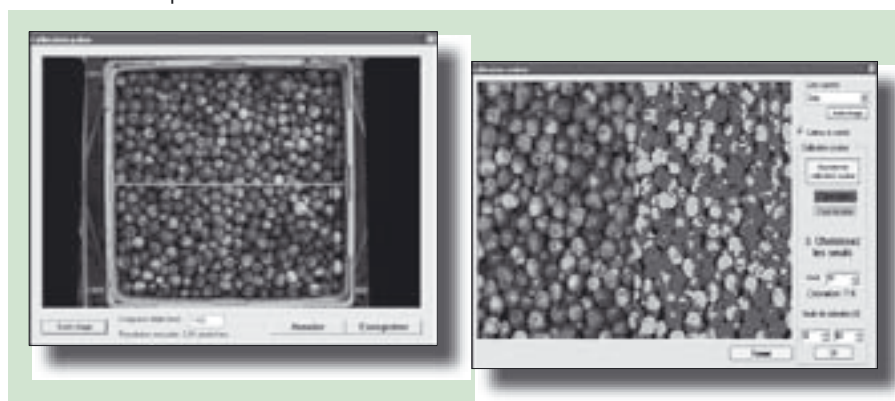


TABLEAU 1 - État de sortie des résultats après traitement

Variété	Id_image	Code BL	Code Parcelle	Code Ligne	<65 mm	65-70 mm	70-75 mm	75-80 mm	80-85 mm	> 85 mm	Seuil Coloration	% Colo1	% Colo 2	% Colo 3
Gala	63	8	7	3	40	23	9	21	7	0	30,60	97	3	0
Granny Smith	73				35	30	28	2	5	0	30,60	0	0	0
Granny Smith	74	12	1		37	37	19	5	0	2	30,60	0	0	0
Gala	75	13	Haut	2	9	19	26	28	16	2	30,60	22	73	5
Jazz®	76	12	5	12	7	21	28	28	14	2	30,60	22	73	5
Jazz®	77	1			12	19	44	18	5	2	30,60	10	81	9
Jazz®	78	13	2	3	23	26	23	19	2	7	30,60	20	74	6
Jazz®	79				12	21	35	23	7	2	30,60	15	80	5