

# VALORISATION DES SOUS-PRODUITS D'AGRUMES (\*)

par **R. SCHWOB** et **R. HUET**

*Institut Français de Recherches Fruitières Outre Mer (I. F. A. C.)*

**RÉSUMÉ.** — Il est difficile d'établir une distinction entre produits nobles tirés des agrumes et sous-produits ; en effet, selon les cas, un produit peut être négligé ou au contraire constituer la source principale de profit : ainsi le jus de citron ne présente pas la même importance que l'essence pour la production guinéenne, alors que l'essence d'orange a peu de valeur par rapport au jus en Afrique du Nord. Bien entendu les prix de vente relatifs de ces produits dépendent principalement de leurs qualités intrinsèques, mais d'autres facteurs interviennent : l'industrialisation du pays producteur, frais de transport, éducation du personnel, organisation actuelle du marché.

Après avoir envisagé les principaux produits couramment extraits des agrumes, les auteurs s'attachent à montrer qu'à moins pour certains d'entre eux les conjonctures semblent favorables pour un accroissement des qualités et des quantités produites.

Les déchets de la fabrication du jus constituent 55 % du poids des fruits traités. Ils s'accumulent rapidement et leur évacuation souvent coûteuse pose de difficiles problèmes quand l'usine se trouve dans une agglomération.

D'autre part la production mondiale d'agrumes progresse rapidement et l'industrie de transformation doit se mettre en mesure d'absorber les excédents de production.

Il en résulte une menace de surproduction de jus d'agrumes qui ne sera parée qu'en développant la consommation et abaissant le prix de vente. Dans cette perspective, les industriels recherchent des sources de revenus supplémentaires à partir de la matière qu'ils n'utilisent qu'en partie.

Ce double problème, déjà ancien et résolu dans les pays fortement industrialisés, se pose avec acuité dans tous ceux qui voient s'élever rapidement le prix de la matière première et le coût de la main-d'œuvre.

La solution réside dans la transformation des déchets en produits marchands. Elle nécessite des investissements importants et une technicité poussée des cadres. La gamme des sous-produits possibles est cependant assez étendue pour que l'on puisse choisir en fonction de la puissance de traitement de l'usine, des conditions locales de travail, et de l'offre de débouchés.

L'utilisation des écorces d'agrumes n'est pas un fait nouveau. Elles entrent dans la composition de vieilles recettes culinaires et l'on prépare toujours des écorces confites, en saumure, ou conservées par l'anhydride sulfureux, pour l'industrie alimentaire.

L'extraction des huiles essentielles de citron et d'orange est l'objet d'une activité déjà ancienne, indépendante de la préparation des jus, la maturation exerçant une influence contraire sur la qualité de l'essence et sur celle du jus. Préparée en tant que sous-produit du jus, l'huile essentielle ne peut prétendre à une qualité élevée. Elle constitue cependant une source de revenus appréciable bien que variable.

Les éleveurs de bovins situés dans le voisinage des industries de jus d'agrumes ont vu le profit qu'ils pourraient retirer des écorces en en nourrissant leur bétail. Lancée vers 1920, cette utilisation s'est développée et la transformation des déchets, écorces, pulpes et graines en aliments pour le bétail, est une activité généralisée.

On s'est aussi adressé à la chimie pour découvrir parmi les quelques 150 constituants des agrumes ceux qui seraient susceptibles d'une extraction profitable. On a lancé avec des succès divers la pro-

(\*) Communication présentée au premier Congrès international des Industries agricoles et alimentaires des zones tropicales et subtropicales, Abidjan, 13-19 décembre 1964.

duction de l'acide citrique, des pectines, de l'huile de pépin et des flavonoïdes. Les jus d'écorces peuvent être concentrés en mélasses et transformés en sirop de sucre, et par fermentation en acide lactique ou en alcool industriel, ou servir de substrat à la culture des levures, sources de protéines et de vitamines.

Une préparation récente a l'avantage d'utiliser le fruit entier, jus, pulpe, écorce, il s'agit des pâtes d'oranges entières, appelées également « *comminuted orange* ». Ces pâtes entrent dans la fabrication des boissons dites « *aux fruits entiers* ».

\* \* \*

Il n'est guère possible de décrire ici toutes ces préparations et l'on se bornera à l'étude de celles qui présentent un intérêt certain : huiles essentielles, pectines, aliment pour le bétail, pâtes d'oranges, flavonoïdes.

#### *Les huiles essentielles.*

Les huiles essentielles de zeste d'agrumes sont contenues dans les cellules ou glandes de la partie colorée de l'épiderme du fruit appelée *flavedo* ; l'essence sous pression jaillit dès que la fine couche de l'épiderme qui recouvre les glandes est lésée. Les organes contiennent de 3 à 7 pour mille d'essence suivant leur degré de maturité. Le stade tournant mi-vert mi-orange correspond à la plus riche teneur.

Les procédés manuels d'extraction, soit le procédé « à la cuillère » guinéen, soit le procédé « à l'éponge » sicilien tendent à disparaître et ne s'appliquent qu'à des fruits, citrons ou oranges, de maturité peu avancée ne convenant pas à l'industrie des jus.

Les procédés mécaniques fort nombreux peuvent être classés en trois catégories suivant qu'ils opèrent par déformation de l'écorce, par pression, ou par abrasion [10].

Les machines procédant par déformation traitent les calottes d'écorces, résidus de l'extraction des jus. Leur principe est celui du procédé à l'éponge. Les calottes sont forcées dans un couloir de plus en plus étroit sous de violents jets d'eau. Roulés et pliés, leurs tissus superficiels sont déchirés et l'essence libérée de sa prison cellulaire est entraînée par l'eau.

Dans les machines *sfumatrici* Avena, le couloir est délimité par un tambour mobile cannelé tournant à l'intérieur d'un tambour fixe. Dans les *sfumatrici* spéciale Indelicato, c'est une chaîne sans fin qui comprime les calottes contre une paroi fixe côtelée.

Ce sont aussi les calottes d'écorces que traitent les machines fonctionnant par pression. Mais elles devront être dans ce cas aplaties ou fragmentées.

Dans le « *Pipkin Roll* » ce rôle est rempli par deux cylindres cannelés tournant en sens contraire et laissant entre eux un espace suffisant pour que la pression exercée fasse éclater les cellules à essence sans broyer les tissus de l'écorce.

On a aussi utilisé aux U. S. A. des presses à vis continues « *Screw Press* » entraînant et forçant les débris d'écorce à l'intérieur d'un cône perforé ; un jet d'eau véhicule l'essence à travers ces perforations.

La plus moderne des machines et la plus répandue fonctionne aussi suivant ce principe. Il s'agit de la *F. M. C. in-line*. Le fruit entier est pressé entre les doigts métalliques et, tandis que l'essence est entraînée extérieurement par un jet d'eau, le jus du fruit pressé est aspiré par une canule perforée enfoncée en son centre.

Les procédés basés sur l'abrasion permettent de traiter le fruit entier. L'épiderme superficiel de l'écorce est râpé par frottement du fruit sur une surface abrasive.

Parmi les machines les plus connues, nous citerons la pelatrice Avena dans laquelle le fruit est projeté contre une paroi circulaire tapissée de plaques de verre garnies de pointes. l'essence extraite est entraînée avec les débris végétaux par un fort courant d'eau.

Les fruits passent sur des rouleaux abrasifs dans la pelatrice *Speciale*, la *Jaf. ora*, l'extracteur *Calvillo* et le « *Fraser Brace* ». En général les râpures contenant de l'essence sont entraînées par des jets d'eau et, après tamisage, l'essence est décantée ou séparée par centrifugation. Le procédé *Calvillo* se distingue par le fait que les fruits sont râpés à sec et l'essence récupérée par pression des râpures dans une presse hydraulique. Il suffit ensuite de la séparer des eaux de presse.

Nous parlerons enfin du procédé à l'aiguille qui permet de produire des essences de haute qualité [9]. Pour cette raison il a été spécialement étudié par l'un de nous. Une fine aiguille parcourt le fruit en traçant un sillon peu profond mais suffisant pour mettre à jour les glandes à essence. Un mouvement de rotation rapide du fruit autour de son axe facilite l'extraction en ajoutant, à la pression naturelle qui

règne dans les glandes, la force centrifuge. L'extracteur I. F. A. C. Schwob est basé sur ce procédé. Il donne une essence de très belle qualité avec un rendement excellent. Sa capacité de traitement reste dans les limites artisanales.

#### *Les pectines.*

Plus encore que l'extraction des huiles essentielles, la production des pectines à partir des écorces d'agrumes nécessite une soigneuse étude du marché.

La concurrence des pectines de marcs de pomme se fait lourdement sentir et si la couleur plus blanche des pectines d'agrumes leur donne un avantage, cette qualité ne suffit pas à leur assurer un prix de vente beaucoup plus fort.

L'implantation d'une pectinerie dans une usine de transformation suppose des investissements élevés, un personnel habile et averti.

Seule une puissante unité traitant un gros tonnage de fruits est capable d'assurer cette production. D'autant plus que toutes les écorces ne peuvent être traitées industriellement. A mesure que le fruit mûrit, les protopectines se transforment en pectines solubles qui s'éliminent en partie au cours de l'extraction. On évitera donc de traiter les fruits trop mûrs. Les écorces de citrons et de pomélos plus riches seront préférées. Les protopectines étant situées dans l'albedo, l'extraction des huiles essentielles ne nuit pas à celle des pectines.

L'extraction des pectines comportent plusieurs stades [1]. En premier lieu les écorces finement découpées sont lavées à l'eau froide pour les débarrasser des matières colorantes, des glucosides amers, des sucres et des acides résiduels. Le traitement à l'eau froide qui comporte en réalité plusieurs lavages, peut être remplacé par un traitement à l'alcool qui, plus efficace, coûte plus cher.

Les écorces sont ensuite plongées dans un bain d'eau bouillante dont le pH est abaissé à 2,0 par adjonction d'acide chlorhydrique ou sulfurique. A cette température élevée, les enzymes pectiques sont inactivés et les protopectines transformées en pectines solubles.

L'opération doit être menée soigneusement car il faut éviter la dégradation des pectines. Aussi opère-t-on souvent en plusieurs extractions dans des conditions d'acidité et de température plus douces.

L'extrait est ensuite concentré jusqu'à une teneur de 3 à 4 % de pectines et filtré. On facilitera la filtration de la solution très visqueuse en y ajoutant de la terre d'infusoire.

La pectine est précipitée de sa solution par addition d'alcool ou d'acétone jusqu'à une concentration de 50 à 70 % ; puis elle est filtrée et on en exprime le solvant par pression. L'opération est répétée et finalement la pectine est séchée dans un courant d'air chaud.

La pectine est quelquefois vendue liquide en solution à 4 %.

Dans l'opération de précipitation, l'alcool ou l'acétone peuvent être remplacés par un mélange d'hydroxyde d'aluminium et de sulfate d'ammonium.

Un gel de pectinate d'aluminium précipite. La pectine est ensuite purifiée dans un lavage soigneux à l'alcool acidulé.

Afin de mieux répartir l'activité de l'usine, certains fabricants proposent d'arrêter l'extraction au stade pectinate d'aluminium pendant la campagne de fabrication de jus, et de reprendre la transformation de pectinate en pectine en morte saison.

Si l'exploitation n'est pas suffisamment importante pour justifier l'implantation d'une pectinerie, il reste la possibilité de préparer les écorces en vue de l'extraction des pectines et de les vendre à une pectinerie ou une exploitation plus importante.

Dans ce cas, après lavage, les écorces sont plongées quelques minutes dans un bain d'eau bouillante pour les stabiliser. Elles sont pressées pour en exprimer l'eau et séchées. Ce traitement très simple permet un léger profit.

#### *Les aliments pour le bétail.*

Bien que pauvres en protéides, les écorces d'agrumes représentent une source appréciable d'aliments pour le cheptel bovin.

Les écorces peuvent être présentées fraîches, de préférence après avoir été râpées pour l'extraction des essences. Cette façon de faire est en usage en Israël. Ou bien elles sont conservées par ensilage ou dessiccation. L'ensilage a été réalisé avec quelque succès dans une usine marocaine, mais seules les écorces d'orange ont été appréciées pour le bétail. Les écorces de pomélos, sans doute à cause de leur



amertume, furent refusées. La façon la plus répandue de conserver les écorces consiste à les sécher. Elles peuvent ainsi être distribuées selon les besoins et transportées loin du lieu de fabrication.

Les écorces fraîches contiennent 80 à 85 % d'humidité. Leur dessiccation exigerait une quantité considérable de calories si l'on ne procédait à un traitement préalable qui a pour résultat de les débarrasser de la moitié de leur eau.

Le mélange écorces, pulpe et graines est fragmenté et arrosé d'un lait de chaux à raison de 0,3 à 0,6 % de chaux [1]. Le mélange prend une teinte jaune d'or et sa texture physique se modifie. Les pectines transformées en pectate de calcium perdent leurs propriétés de rétention vis-à-vis de l'eau. Par phénomène de synérèse la masse perd son eau de constitution et il devient facile de s'en débarrasser, soit par simple écoulement, soit, ce qui est plus rapide, par pressurage.

Le gâteau de presse contient encore 70 à 75 % d'eau qui doivent être éliminés par séchage. A cet effet on utilise souvent des fours cylindriques, horizontaux, rotatifs, à air pulsé, chauffés directement par un brûleur à mazout. La température de l'air peut atteindre 100 à 110° C.

Avec 8 à 12 t d'écorces fraîches on obtient 1 t d'écorces séchées.

Les eaux de presse se prêtent à des usages divers. Elles peuvent être concentrées en mélasses, servir de substrat à la culture de levures *Torula* riches en vitamines et protéines, être transformées en alcool industriel, ou en acide lactique. Cependant ces transformations ne sont rentables que dans certaines conditions et en général les usines traitant moins de 30 000 t d'agrumes par an ne conservent pas les eaux de presse.

La valeur nutritive des écorces d'oranges se rapproche de celle des pulpes de betterave. Riches en glucides, elles sont pauvres en protides et le régime de bovins nourris d'écorces devra être complété en cet élément.

*Composition des pulpes d'agrumes [1].*

Cendres .....	4,3 %
Lipides .....	3,5 %
Cellulose brute.....	13,0 %
Protéines .....	6,2 %
Matière sèche .....	92,0 %
Extractif non azoté .....	63,0 %

L'un de nous a montré qu'il était possible d'enrichir les écorces séchées en azote en remplaçant la chaux par l'ammoniaque dans le traitement des écorces fraîches.

Dans une série d'essais réalisés au Maroc par l'un de nous [8] on a supprimé le séchage, toujours très onéreux, et réincorporé des mélasses aux écorces pressées demi-sèches. La conservation a été assurée dans de parfaites conditions par l'acide sorbique.

*Les pâtes d'oranges.*

La pâte d'orange est une excellente base naturelle pour parfumer et colorer les produits alimentaires. Sa richesse en pectines assure une turbidité stable dans les boissons rafraîchissantes et les sirops à l'orange. Elle contient en proportion non négligeable des substances bénéfiques pour l'organisme comme l'acide ascorbique et les flavonoïdes.

La préparation des pâtes d'oranges ou « comminuted orange » a été décrite par BRAVERMAN et LEVI [2]. Les oranges entières ou leur écorce seulement, ou des proportions variées de jus, d'écorce et de pulpe sont désintégrées mécaniquement et transformées par broyage en une fine pâte colloïdale.

Dans quelques cas le broyage est précédé par une cuisson de l'écorce dans une bassine en acier inoxydable à double paroi pour l'amollir.

En réalité, la préparation et la composition des pâtes d'oranges varie beaucoup d'une usine à l'autre. On peut partir de l'orange entière, soumise à une forte pression de vapeur et décompressée brutalement pour faire éclater les tissus. Ou bien on utilise les déchets de fabrication du jus : pulpes et écorces, que l'on additionne de jus ou d'eau pour donner une fluidité satisfaisante à la préparation. Les essais réalisés par l'un de nous démontrent que pratiquement toutes les variétés commerciales conviennent à la préparation des pâtes.

Le marché des pâtes d'oranges est limité mais régulier et en progression.

*Les flavonoïdes.*

L'industrie pharmaceutique présente sous le nom de citroflavonoïdes des spécialités douées de propriétés pharmacodynamiques. Le codex définit les citroflavonoïdes comme l'ensemble des composés à action vitaminique P extraits des écorces de divers Citrus.

L'action vitaminique P, ou de perméabilité capillaire, consiste en un renforcement des parois des capillaires. Certains flavonoïdes sont doués de cette propriété et utilisés en thérapeutique pour lutter contre une perméabilité exagérée des capillaires.

Cependant l'efficacité de cette action a été discutée par FABIANEK [4] qui estime que l'action P des citroflavonoïdes n'a qu'un effet passager et ne se manifeste que si le régime est déséquilibré par ailleurs.

L'action vitaminique P fut attribuée par SZENT GYORGYC à la citrine, préparation consistant en un mélange d'hésperidine et d'ériodictine.

L'hésperidine, glucoside, se prépare facilement à l'état cristallisé. Le rendement varie avec la maturité des fruits et la variété. Plus le fruit mûrit, plus sa teneur en hésperidine décroît. Les rendements obtenus par l'un de nous au Maroc sont du même ordre que ceux qui ont été obtenus en Floride par HENDRICKSON et KESTERSON, soit 5 kg par tonne d'écorces [6]. La naringine présente dans le pomélo (*Citrus paradisi* Macf.) lui donne sa saveur amère caractéristique. La teneur en naringine varie avec la maturité du fruit, mais aussi subit de fortes variations d'une année à l'autre. L'extraction de la naringine se fait par un procédé similaire à celui que l'on emploie pour l'hésperidine.

Depuis quelques années l'attention s'est tournée vers les flavonoïdes hydrosolubles. Ils sont extraits principalement de l'écorce de citron. En utilisant les solvants sélectifs, une usine marocaine prépare depuis deux ans un complexe flavonique pour les agrumes à partir des écorces d'oranges [10].

Cette valorisation des écorces d'oranges s'effectue sur une échelle encore très limitée.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- [1] ANON. — Chemistry and Technology of Citrus, Citrus products, and by-products USDA, Agricultural hand book no 98, Washington DC, 1956.
- [2] BRAVERMAN, J. B. S., AARON LEVI. — Comminuted oranges. A novel process for its manufacture. *Food Technology*, vol. 14, 2, p. 106-109, 1960.
- [3] DUPAIGNE, P. et CAPO CANNELLAS, J. P. — Note sur l'utilisation des déchets de l'industrie des agrumes, *Fruits*, vol. 17, n° 9, p. 445-449, 1962.
- [4] FABIANEK, J. — Scorbut, vitamine C et bioflavonoïdes, *Annales de la Nutrition et de l'Alimentation*, vol. 15, n° 34, p. 69, 1961.
- [5] HUET, R. et LEDERGERBER, A. — Les pâtes d'oranges : I. Généralités ; *Al Awamia*, n° 3, p. 103-112, avr. 1962 ; Les pâtes d'oranges, II. Préparations avec diverses variétés ; *Al Awamia*, n° 6, p. 61-88, janv. 1963.
- [6] HUET, R. — Les flavonoïdes d'agrumes, *Al Awamia*, n° 3, p. 87-110, 1962.
- [7] HUET, R. — Remarques sur les caractéristiques de diverses variétés d'oranges et de pomélos au Maroc, *Fruits*, vol. 17, n° 9, p. 469-475, 1962.
- [8] HUET, R. et LEDERGERBER, A. — Les écorces d'agrumes, aliments pour le bétail, *Al Awamia*, p. 61-69, 1964.
- [9] SCHWOB, R. — Un nouvel extracteur d'essence d'agrumes, *Fruits*, vol. 10, p. 407-411, 1951.
- [10] SCHWOB, R. — Expression des essences d'agrumes, Parfums, Cosmétiques, Savons, déc. 1956.
- [11] VINCENT, Y. — L'avenir industriel des agrumes en Afrique du Nord, Exposé dans le cadre des journées de l'agriculture marocaine à Marrakech, 1961.



SYMBOL DE QUALITÉ



LA QUINOLÉINE - 14 RUE DE LIÈGE PARIS (8<sup>e</sup>)