

Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.)

I. BOOIJ^a, G. PIOMBO^{**}, J.M. RISTERUCCI^{***}, M. COUPE^{****}, D. THOMAS^{****} et M. FERRY^b

Study on the chemical composition of dates at different stages of maturity for the varietal characterization of various cultivars of palm trees (*Phoenix dactylifera* L.).

I. BOOIJ, G. PIOMBO, J.M. RISTERUCCI, M. COUPE, D. THOMAS and M. FERRY

Fruits, vol. 47, n°6, p. 667-678.

SUMMARY - Some analysis of the chemical composition (water, sugars, free amino-acids and mineral salts contents) of 5 dates cultivars (Bou Skri, Deglet Nour, Mejhool, Thoory and Zahidi) were carried out at different stages of maturity. Both water and sugar (especially saccachore) contents vary during the maturation and allow to gather the different cultivars considering the quality of their fruits: soft, semi-soft and dry dates.

Out of 18 free amino-acids analyzed: serine, isoleucine, leucine, lysine, methionine, phenylalanine and valine are predominant at green stages whereas glutamic and γ -aminobutyric acids and glycine are present at higher concentration in ripe dates. The analysis of the composition in mineral salts shows an high potassium content in the ashes and a variable calcium content according to the geographical origin of the fruit. However the composition in free amino-acids and in mineral salts do not represent sufficient varietal markers for the characterization of the different cultivars.

The analysis of the chemical composition of the dates seems to work better to studies on the fruit physiology, particularly during its maturation.

Etude de la composition chimique de dattes à différents stades de maturité pour la caractérisation variétale de divers cultivars de palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.).

I. BOOIJ, G. PIOMBO, J.M. RISTERUCCI, M. COUPE, D. THOMAS et M. FERRY

Fruits - vol. 47, n°6, p. 667-678.

RESUME - Des analyses de la composition chimique (teneurs en eau, sucres, acides aminés libres, et sels minéraux) de 5 cultivars de dattes (Bou Skri, Deglet Nour, Mejhool, Thoory et Zahidi) ont été effectuées à différents stades de la maturation des fruits. Les teneurs en eau et en sucres, notamment en saccharose, sont variables au cours de la maturation et permettent de regrouper les différents cultivars en fonction de la qualité de leurs fruits: cultivars à dattes molles, demi-molles et sèches.

Par ailleurs, sur les 18 acides aminés libres analysés, la sérine, l'isoleucine, la leucine, la lysine, la méthionine, la phénylalanine et la valine sont prédominants aux stades verts alors que les acides glutamique et γ -aminobutyrique et la glycine sont présents à des concentrations plus élevées dans les dattes mûres. L'analyse de la composition en sels minéraux montre une forte teneur en potassium des cendres, et une teneur en calcium variable selon la provenance géographique des fruits. Cependant, la composition en acides aminés libres et en sels minéraux ne représente pas des marqueurs variétaux suffisants pour la caractérisation des différents cultivars.

L'analyse de la composition chimique des dattes semble être un outil mieux adapté aux études de la physiologie du fruit, notamment au cours de sa maturation.

KEYWORDS: *Phoenix dactylifera* L., varieties, dates, chemical composition, sugars, amino-acids, mineral content, developmental stages, maturity.

MOTS CLES: *Phoenix dactylifera* L., variété, datte, composition chimique, sucres, acide aminé, teneur en éléments minéraux, stade de développement, maturité.

* G.R.F.P., Conservatoire Botanique National, 83 400 île de Porquerolles, France

^a (nouvelle adresse): USDA/ARS-BARC-West, Plant Molecular Biology Laboratory, Bldg 006 - Rm 118, 10300 Baltimore Ave., Beltsville, MD 20705-2350, USA.

^b (nouvelle adresse): Estacion Phoenix, c/ Cami. del gat, s/n 03203 Elx-Elche, Alicante, Espagne.

** CIRAD, URA-UOMO, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

*** CIRAD, AGETROP, B.P. 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

**** Laboratoire de physiologie végétale appliquée, USTL-Montpellier II, place Eugène-Bataillon, 34095 Montpellier Cedex 5, France.

Introduction

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) est très exploité dans l'Afrique méditerranéenne, le Moyen-Orient, l'Asie de l'Ouest et les Etats-Unis. C'est la principale source de revenus d'une vingtaine de pays de ces régions. Son exploitation intéresse de nombreux secteurs de leur économie, dont celui de l'alimentation.

L'objectif des travaux présentés a été de rechercher des marqueurs variétaux permettant de caractériser certains cultivars. Pour cela une évaluation de caractéristiques morphologiques et une étude de la composition chimique des dattes de divers cultivars exploités dans différentes régions du globe, et à des stades de maturité variés, ont été entreprises.

En l'état actuel des connaissances, les seules caractéristiques morphologiques du palmier dattier ne permettent pas de distinguer de façon fiable les différents cultivars entre eux. Il faut attendre 4 à 5 ans pour obtenir les données pomologiques à partir de la première fructification et pour pouvoir analyser la composition chimique des fruits. Ces données sont des critères principaux de reconnaissance des cultivars.

Les dattes sont connues pour leur valeur nutritionnelle. Bien qu'elles soient riches en certains sels minéraux, vitamines (surtout caroténoïdes et vitamines du groupe B), tanins et acides organiques, c'est surtout leur teneur en sucres qui en fait un aliment de premier choix. Ce fruit est principalement composé d'eau, de sucres réducteurs (fructose, glucose) et non-réducteurs (saccharose), et de "non-sucres" (protides, lipides, minéraux, cellulose, pectine, vitamines et enzymes).

Chaque étape de la maturation de la datte a été identifiée nominalement, ce qui permet de suivre l'évolution du fruit au cours de son développement. Les expressions utilisées sont celles de la nomenclature irakienne (MUNIER, 1973 ; DOWSON et ATEN, 1973 ; PEYRON et GAY, 1988) :

- le stade Habbabouk suit la pollinisation,
- le stade Kimri (K) est caractérisé par le grossissement des dattes (augmentation du poids et du volume), un taux d'humidité élevé, une accumulation de sucres réducteurs et une très forte acidité,
- le stade Kalal (L) est marqué par une augmentation rapide de la teneur en sucres totaux, du saccharose et de la matière solide, alors que l'acidité réelle et le taux d'humidité décroissent,
- au stade Routab (R), la datte devient molle et perd son astringence (les tanins sous la peau précipitent sous forme insoluble),
- le stade Tamar (T) ou Mûr (M) correspond à l'étape finale de la maturation du fruit ; la datte a alors perdu presque toute son eau.

La teneur en eau des fruits varie donc avec le degré de maturité (HUSSEIN *et al.*, 1974), mais dépend également du caractère variétal. On a coutume de classer les dattes mûres en 3 catégories :

- les dattes molles (taux d'humidité supérieur ou égal à 30 %),
- les dattes demi-molles (de 20 à 30 % d'humidité),
- les dattes sèches (moins de 20 % d'humidité).

La persistance du saccharose après le stade Kalal est manifestement liée au durcissement de la datte. Les dattes molles sont à sucre inverti (fructose, glucose) alors que les dattes sèches sont à saccharose, les dattes demi-molles occupant une position intermédiaire, à l'exception de la Deglet Nour, datte à saccharose par excellence (COOK and FURR, 1952).

L'évolution de la couleur et de la texture au cours de la maturation est aussi un bon critère variétal. Néanmoins, des variations peuvent exister dans les dattes à cause des phénomènes de métaxénie (DE MASON and SEKHAR, 1988) ; cela impose de travailler sur des lots importants de fruits. La maturation précoce est également un critère variétal qui peut être perturbé significativement quand le clone est cultivé hors de son aire traditionnelle.

Les acides aminés ont une importance nutritionnelle. Ils participent de plus aux "réactions de brunissement" intervenant au cours de la maturation des fruits.

La composition en matières minérales de la pulpe de datte présente un certain intérêt, en raison de la perte de ces constituants au niveau du palmier quand la récolte est effectuée. Cette perte doit être compensée par l'apport d'engrais aux arbres.

Matériel et méthodes

Matériel végétal

Les résultats obtenus sont issus de plusieurs années d'expérimentation.

Les pollinisations effectuées mécaniquement ont été contrôlées. En 1989, les études ont porté sur 51 palmiers dattier, dont il a été obtenu 278 inflorescences qui ont donné 159 régimes de dattes. Chaque régime observé comprenait en moyenne 32 épillets de 10 dattes chacun, soit environ 300 fruits par régime. Pour chacun des cultivars étudiés, 100 dattes ont été récoltées au hasard sur différents régimes d'un même arbre et sur plusieurs représentants d'un même cultivar.

Les différentes provenances géographiques étudiées ont concerné l'Arabie Saoudite (Hofuf, Al-Hassa), les Emirats Arabes Unis (Al-Ayn), le Qatar (Al-Utorieh), le Mali, l'Algérie et les Etats-Unis (Californie).

Les dattes de 5 cultivars à différents stades de maturité ont été analysées :

- Bou Skri et Mejhool, cultivars à dattes molles ;
- Thoory, cultivar à dattes sèches ;
- Zahidi et Deglet Nour, cultivars à dattes demi-molles.

Des analyses du même type ont été effectuées en 1990.

Observations morphologiques

Les études visant l'identification des variétés de palmier dattier qui ont été effectuées jusqu'à présent sont relativement peu nombreuses, souvent fragmentaires et hétérogènes quant

aux critères retenus. Les travaux qui ont servi de référence aux recherches décrites dans ce document sont ceux de PERREAU-LEROY (1952) sur les clones marocains et de NIXON (1960) sur les sujets adultes de Californie. Les études de phénologie et pomologie réalisées depuis 1966 par TOUTAIN (1977) et plus récemment par le GRIDAO⁽¹⁾ ont également été considérées. Elles ont conduit à l'établissement de fiches descriptives phénologiques détaillées, présentant différents critères de reconnaissance variétale (PEYRON et GAY, 1988).

Mesure de l'humidité

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation d'échantillons de 2 g de pulpe de datte dans une étuve à vide à 65 °C pendant 48 h. Après détermination de l'humidité relative des échantillons de chaque analyse, les résultats ont été rapportés en % de la matière sèche.

Dosage des sels minéraux

L'analyse des sels minéraux a été réalisée au CIRAD⁽²⁾ à Montpellier. L'azote et le phosphore totaux ont été dosés selon la méthode colorimétrique de Mission, à l'autoanalyseur Technicon. Le potassium a été dosé par spectrophotométrie de flamme électrosynthèse PHF 62 et le magnésium par spectrophotométrie d'absorption magnétique sur Varian Techtron AA3-AA120-AA1200.

Analyse des sucres

L'analyse des sucres a également été effectuée au CIRAD⁽²⁾. Un échantillon de 3 g a été broyé et homogénéisé, puis mélangé à 100 ml d'éthanol et d'eau distillée (80 % - 20 %), et porté 2 fois à ébullition pendant 1 h. Le filtrat a ensuite été collecté, évaporé et ajusté à 50 ml avec de l'eau distillée, puis centrifugé pendant 5 min à 8 000 g. Les échantillons ont été analysés par HPLC (Bekman M332). Avant l'injection, l'extrait ainsi constitué a été filtré à travers un filtre de 0,45 mm (Sartorius). La séparation a été réalisée sur une colonne Brownlee (Amino-Spheri 5). La phase d'élution a été obtenue par l'emploi d'une solution d'acétonitrile-eau (80 % - 20 %) au flux de 1,2 ml/min. La pression et la température de la colonne ont été fixées respectivement à 1000 psi et 35 °C. La détection a été effectuée par réfractométrie différentielle (Jobin-Yvon, IOTA). La quantification a été faite sur un intégrateur (Hewlett-Packard 3390 A), par comparaison des aires obtenues avec celles des standards (méthode de l'étalon externe). Ces standards (fructose, glucose et saccharose - Merck) ont été mélangés pour obtenir une solution synthétique à 10 g/l. La boucle d'injection étant de 20 ml, on a donc injecté 200 mg de sucres. Une analyse des standards a été faite tous les 8 échantillons. Le coefficient de variation obtenu est compris entre 1,5 et 4 %.

Analyse des acides aminés libres

L'analyse des acides aminés libres a aussi été réalisée au CIRAD⁽²⁾. Un échantillon de 35 g de pulpe a été homogénéisé à haute vitesse dans un broyeur à couteau (Sorval), en présence de 100 ml d'eau distillée. 2 ml de cette solution ont alors été centrifugés 15 min à 5 000 g, puis 20 min à 12 500 g. 1 ml de surnageant a été dilué dans une solution de borate de sodium 0,4 M (pH 9,5). L'analyse a été faite par HPLC en phase inverse, après dérivation sur une pré-colonne, à partir d'un injecteur automatique (Sedere 100), en présence d'OPA. Les analyses ont été réalisées en chromatographie liquide (Bekman 420) en présence d'un détecteur équipé pour la fluorescence (Shimadzu RS-530). La colonne (125 x 4,7 mm) est constituée d'une résine de silice de 3 mm, greffée en Co₁₈ (Shandon Hypersyl 34). Un gradient discontinu d'élution a été obtenu avec de l'acétate de sodium 0,02 M à 1 % en THF et du méthanol HPLC grade (passant en 30 min de 12,5 % au début à 100 % en fin d'élution). La détection a été faite par mesure de la fluorescence entre 360 et 455 nm. Les résultats obtenus ont été exprimés par rapport à un standard de 250 pmole en chaque acide aminé (Pierce, dilué 100 fois). Le coefficient de variation obtenu est compris entre 3 et 5 %.

Analyses statistiques

Les résultats obtenus pour les dosages d'acides aminés libres et de sels minéraux ont été traités par analyse en composantes principales (ACP). Cela permet de visualiser les relations existant entre ces éléments et de voir s'ils peuvent être utilisés comme marqueurs variétaux du palmier dattier. Pour chaque échantillon, les valeurs en acides aminés ou en sels minéraux ont été introduites dans une ACP, en fonction du cultivar étudié, de son origine géographique, de son mode de propagation et du stade de maturité de ses fruits. Dans le cas des analyses effectuées avec les dosages d'acides aminés, la teneur totale en acides aminés a été introduite comme variable supplémentaire.

Par ailleurs, une analyse de variance sur l'abondance de ces acides aminés et des sels minéraux (caractère quantitatif), en fonction du stade de maturité de chaque cultivar (caractère qualitatif), a été réalisée par la procédure GLM du logiciel SAS (SANIER *et al.*, 1991). Lorsque cette analyse a mis en évidence des différences significatives, une comparaison entre les teneurs moyennes de l'élément concerné a été effectuée par le test de Duncan.

Résultats et discussion

Evolution de la teneur en eau

Les cultivars étudiés ont montré que la teneur en eau des dattes évolue en fonction de leur stade de maturité : l'humidité décroît des stades verts aux stades mûrs (tableau 1). Le pourcentage en composés solides totaux augmente donc plus rapidement à l'approche de la maturité des fruits. Les résultats obtenus sont en accord avec ceux cités précédemment (HULME, 1970 ; MUNIER, 1973 ; REUVENI, 1986).

1. GRIDAO : Groupement international pour le développement de l'agronomie oasienne.

2. CIRAD : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

Tableau 1. Evolution de la teneur en eau de dattes provenant de rejets, en fonction de leur qualité et de leur stade de maturité.

Cultivar	Catégorie des dattes	Humidité	
		Stade Kalal	Stade Mûr
Bou Skri	Molles	58 % ± 12 %	34 % ± 14 %
Mejhool	Molles	58 % ± 12 %	34 % ± 14 %
Deglet Nour	Demi-molles	55 % ± 9 %	25 % ± 1 %
Zahidi	Demi-molles	67 % ± 12 %	22 % ± 13 %
Thoory	Sèches	60 % ± 8 %	17 % ± 14 %

Analyse de la composition en sucres

Influence de l'origine géographique

Les dattes ont été récoltées sur plusieurs parcelles expérimentales de divers pays. Les teneurs en fructose, glucose et saccharose des fruits à différents stades de maturité ont été étudiées. Même en tenant compte de l'intervalle d'erreur mesuré (inférieur à 10 % dans nos expériences), aucune variation significative n'a été observée dans les teneurs en sucres des échantillons d'origines différentes d'un même cultivar (résultats non présentés). La provenance géographique des échantillons ne semble donc jouer aucun rôle sur la composition en sucres des fruits.

Etude en fonction du stade de maturité

D'après DOWSON et ATEN (1963), les dattes molles, à humidité importante, sont pauvres en saccharose. Les résultats obtenus sur les 2 cultivars à dattes molles (Bou Skri, Mejhool) sont en accord avec ces observations : les fruits analysés contiennent très peu de saccharose au stade Kalal. Néanmoins, le saccharose présent subit une hydrolyse complète en sucres réducteurs au stade Mûr (figure 1a pour Bou Skri et 1b pour Mejhool). La teneur en sucres totaux, qui correspond à la somme des sucres présents, augmente avec la maturité des fruits.

DOWSON et ATEN (1963) rapportent par ailleurs que la catégorie des dattes sèches se caractérise par une teneur en saccharose importante. Les résultats obtenus confirment encore ces observations : la teneur en saccharose des dattes sèches (Thoory) au stade Kalal est plus importante que celle des dattes molles. Au stade Mûr, les dattes sèches contiennent approximativement les mêmes quantités de saccharose et de sucres réducteurs (figure 2), avec une teneur élevée en saccharose (environ 40 % de la composition du fruit). La teneur en sucres totaux augmente des stades verts au stade Mûr.

Encore d'après DOWSON et ATEN (1963) les dattes demi-molles contiennent une teneur en saccharose intermédiaire, excepté celles du cultivar Deglet Nour qui présentent des valeurs supérieures à celles des dattes sèches. Les résultats obtenus sur des fruits du cultivar Deglet Nour et sur ceux d'un cultivar à dattes demi-molles (Zahidi) sont en accord avec ces observations : ceux-ci contiennent respectivement 60 % et 15 % de saccharose au stade Mûr, contre 40 % pour les fruits du cultivar Thoory et 0 % pour les dattes molles de Bou Skri et Mejhool. Leur teneur en saccharose augmente avec la

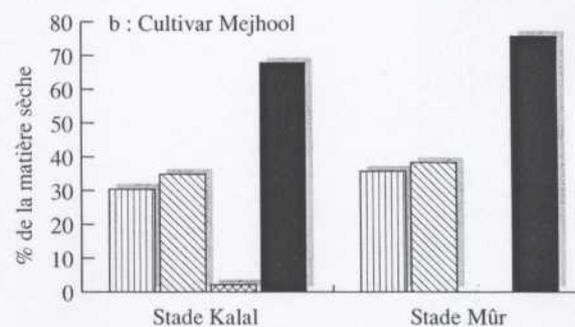
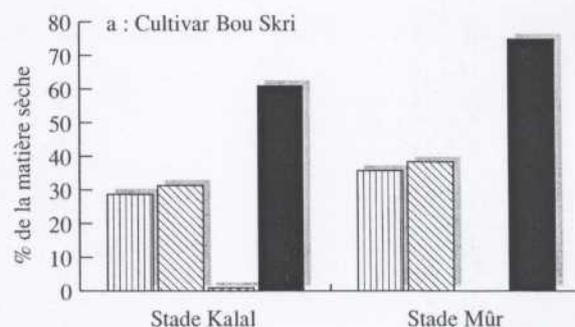


Figure 1. Modification de la composition en sucres, au cours de la maturation de fruits de cultivars à dattes molles.
Légende : fructose  glucose  saccharose  sucres totaux 

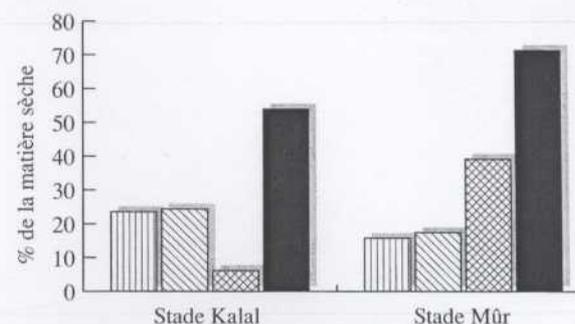


Figure 2. Modification de la composition en sucres, au cours de la maturation de fruits du cultivar Thoory à dattes sèches.

Légende : fructose  glucose  saccharose  sucres totaux 

maturité du fruit (figure 3a pour Zahidi et 3b pour Deglet Nour). La teneur en sucres totaux augmente au cours de la maturation.

Les différents cultivars peuvent donc être différenciés par la teneur en saccharose de leurs fruits. La maturation des dattes est caractérisée par une augmentation de la teneur en sucres totaux, indépendamment de la qualité du fruit. Les sucres réducteurs sont généralement présents en une solution équimolaire de glucose et de fructose résultant de l'hydrolyse du saccharose. Les quantités de saccharose et de sucres réducteurs présentes dans la datte dépendent du cultivar et sont en relation avec la texture du fruit. Elles sont modifiées au cours de la maturation : dans le cas des dattes molles des cultivars Bou Skri et Mejhool, les derniers stades de développement du fruit sont caractérisés par l'inversion du saccharose en glucose et fructose, alors que dans les autres qualités de dattes, demi-molles (Deglet Nour, Zahidi) et sèches (Theory), le saccharose s'accumule jusqu'au stade Mûr. Ce phénomène est très marqué dans le cas des dattes sèches (Theory). Les teneurs en sucres des dattes pourraient donc être utilisées en tant que marqueur de la caractérisation variétale du dattier.

D'un point de vue nutritionnel, les sucres invertis sont les constituants les plus importants, puisqu'ils apportent des calories énergétiques immédiatement disponibles (VANDERCOOK *et al.*, 1979). L'accumulation du saccharose aux stades où la datte est consommable leur confère un goût agréable, puisque le saccharose est de 34 % plus sucré que le glucose (ASHMAWI *et al.*, 1956). Cette saveur due aux sucres est probablement la principale raison de la popularité des dattes, surtout en ce qui concerne le cultivar Deglet Nour, qui est le plus riche en saccharose.

Analyse de la composition en acides aminés libres

Influence de l'origine géographique

Les teneurs en acides aminés libres des différents cultivars étudiés ne présentent pas de grandes variations entre elles. Bien que les valeurs en acides aminés mineurs varient considérablement pour certains individus, un grand degré de similitude entre les cultivars est généralement constaté (figure 4). La composition des dattes en acides aminés n'est donc pas un bon marqueur pour la caractérisation variétale.

18 acides aminés libres ont été détectés : alanine (ALA), asparagine (ASN), acide aspartique (ASP), arginine (ARG), acide γ -aminobutyrique (GAB), glutamine (GLN), acide glutamique (GLU), glycine (GLY), histidine (HIS), isoleucine (ILE), leucine (LEU), lysine (LYS), phénylalanine (PHE), valine (VAL), méthionine (MET), sérine (SER), thréonine (THRE) et tyrosine (TYR). En tenant compte de l'intervalle d'erreur mesuré (inférieur à 5 % dans les expériences réalisées), les différences observées dans la composition en acides aminés libres d'un même cultivar suivant son origine géographique (lieu de récolte) ne semblent pas significatives (résultats non présentés).

Etude en fonction du stade de maturité

L'abondance de chaque acide aminé a été étudiée par analyse de variance en fonction du stade de maturité du cultivar. La classification donnée par le test de Duncan pour chacun

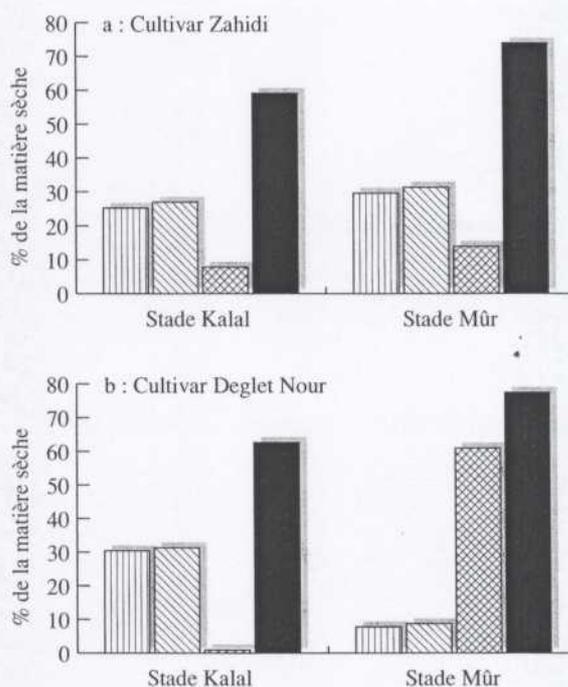


Figure 3. Modification de la composition en sucres, au cours de la maturation de fruits de cultivars à dattes demi-molles.

Légende :

fructose glucose saccharose sucres totaux

des acides aminés montre que 10 acides aminés seulement donnent des résultats significatifs : GAB, GLU, GLY, SER, ILE, LEU, LYS, MET, PHE et VAL (tableau 2). Les 6 derniers d'entre eux sont des acides aminés essentiels. On remarque que l'HIS, et dans certains cas la MET, se trouvent en quantités relativement insuffisantes par rapport aux autres acides aminés, et ne sont pas (ou peu) détectés dans les conditions expérimentales utilisées. Dans un contexte nutritionnel, ils sont considérés comme facteurs limitants.

Les valeurs de chacun des acides aminés libres ont été introduites dans une ACP en fonction du stade de maturité des fruits du cultivar. Globalement, la contribution à la variabilité totale expliquée par les trois premiers axes est de 68 %, dont 35 % pour l'axe 1, 18 % pour l'axe 2, et 15 % pour l'axe 3. Si les variables dont le \cos^2 est supérieur à 0,5 (donc dont le point représentatif est à moins de 45° de l'axe principal) sont prises en compte, il s'avère que :

- l'axe 1 est essentiellement caractérisé dans le sens négatif par les acides aminés ILE, LEU, LYS, PHE, TYR, VAL ;
- l'axe 2 est principalement déterminé dans le sens négatif par la teneur en acides aminés totaux ;
- l'axe 3 est surtout marqué dans le sens négatif par la présence de ASP et SER.

L'axe 1 apparaît donc globalement caractérisé par la teneur en acides aminés essentiels.

La teneur en acides aminés totaux n'offrant pas de résultats exploitables, l'ACP a été étudiée en fonction de l'axe 1-3 (figure 4).

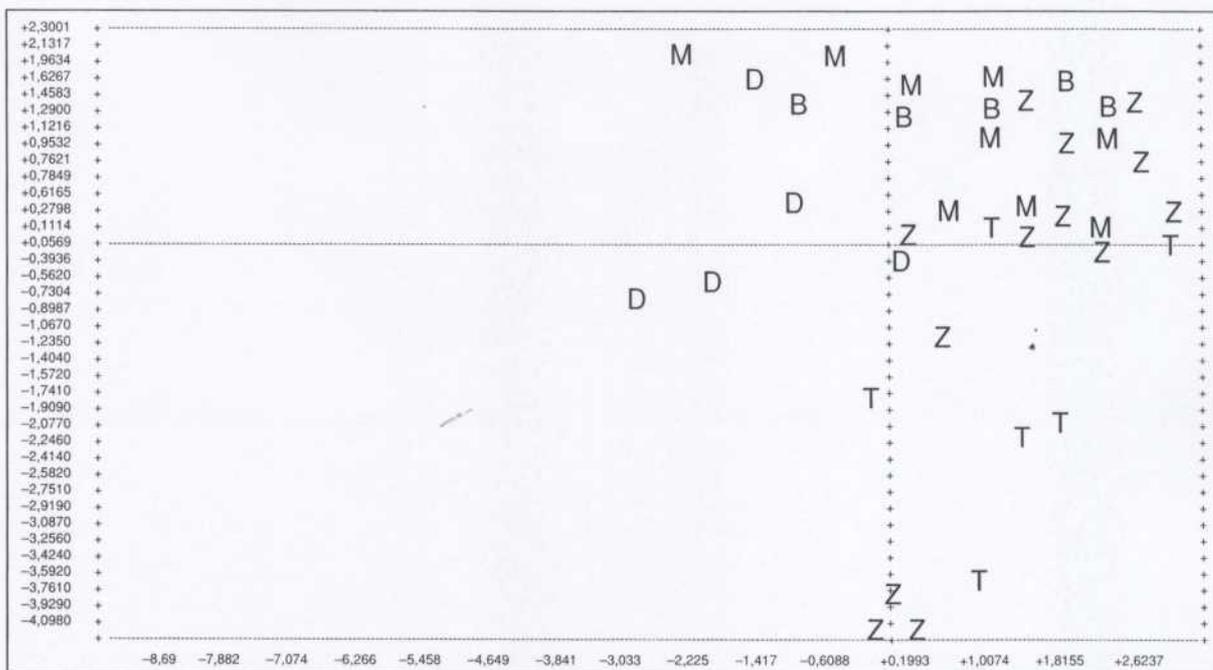


Figure 4. Analyse en composantes principales de la composition en acides aminés libres des dattes des 5 cultivars de palmier dattier étudiés. L'axe horizontal (axe 1) explique 35 % de la variabilité totale ; il est essentiellement déterminé dans le sens négatif par les acides aminés ILE, LEU, LYS, PHE, TYR et VAL. L'axe vertical (axe 3) explique 15 % de la variabilité totale ; il est principalement déterminé dans le sens négatif par les acides aminés ASP et SER.

Légende : Bou Skri (B), Deglet Nour (D), Mejhool (M), Thoory (T), Zahidi (Z).

La concentration en acides aminés essentiels aux 2 stades de développement, qui correspondent à ceux des dattes généralement consommées (Kalal pour les dattes molles et Mûr pour les dattes demi-molles et sèches), varie significativement selon le stade de maturité et les cultivars étudiés. Ainsi les acides aminés GAB, GLU et GLY sont généralement présents en quantités plus importantes au stade Mûr, alors que SER, ILE, LEU, LYS, MET, PHE et VAL sont prédominants aux stades Kimri et Kalal (tableau 2). Ces observations sont en accord avec les résultats obtenus par RINDERKNECHT (1959), BURROUGH (1970), HUSSEIN *et al.* (1974) et AUDA *et al.* (1976).

Les dattes ne présentent donc pas le même intérêt nutritionnel selon le stade de maturité auquel elles sont consommées. Ainsi les dattes du cultivar Mejhool au stade Kalal contiennent plus d'acides aminés essentiels qu'au stade Mûr. Les 4 autres cultivars étudiés contiennent peu d'acides aminés essentiels aux 2 stades de maturité considérés. Par ailleurs, aucune différence significative de composition en acides aminés libres entre les stades Kalal et Mûr n'a été mise en évidence pour les dattes du cultivar Deglet Nour. Il en est de même pour les cultivars Bou Skri, Zahidi et Thoory. Cependant Bou Skri et Zahidi présentent une teneur en SER plus élevée dans les fruits au stade Mûr, alors que Thoory a une teneur en GAB qui augmente des stades verts au stade Mûr (figure 4).

Même si les résultats obtenus mettent en évidence le fait que les dattes ont une teneur non négligeable en acides aminés libres, ils ne permettent donc pas de retenir ce critère pour identifier les cultivars de palmier dattier. Par ailleurs, le stade

Kalal qui permet le dosage des teneurs en acides aminés essentiels les plus importantes s'avère être le plus intéressant des 2 stades de maturité (Kalal et Mûr) auxquels les dattes sont généralement consommées. En considérant à la fois la composition en sucres et celle en acides aminés, il apparaît que les dattes molles, surtout celles du cultivar Mejhool, qui contiennent des taux élevés de sucres invertis et d'acides aminés essentiels, sont des aliments de premier choix sous l'aspect nutritionnel, par rapport aux dattes demi-molles et sèches.

Analyse de la composition en sels minéraux

La teneur en cendres de dattes varie de 1,9 à 4,2 % au stade Kalal et 1,5 à 3,0 % au stade Mûr (CLEVELAND and FELLERS, 1932 ; HAAS, 1935 ; HAAS and BLISS, 1935 ; SAWAYA *et al.*, 1983). Cette proportion, qui est faible par rapport au poids de matière sèche du fruit, traduit une synthèse relativement active de composés organiques par les parties végétatives.

La teneur en cendres décroît des stades verts au stade Mûr, mais cette diminution est mineure comparée à celle des autres constituants. La proportion en sels minéraux présents est cependant significative au niveau nutritionnel. Ils jouent des rôles fonctionnels importants de nature :

- métabolique en activant de nombreux systèmes enzymatiques,
- physico-chimique en contrôlant le pH, la neutralité électrique et les gradients de potentiel électrochimique.

Les sels minéraux entrent également dans la composition de composés à signification physiologique particulière.

Tableau 2. Analyses de variance des acides aminés significatifs et classification de leur importance par le test de Duncan, en fonction de leurs stades de maturité : Kimri (K), Routab (R), Kalal (L), Tamar (T), Mûr (M).

Valeurs de p :

GAB, p = 0,0013 ; GLU, p = 0,0044 ; GLY, p = 0,0004 ; ILE, p = 0,0001 ; LEU, p = 0,0001 ;
 LYS, p = 0,0001 ; MET, p = 0,0087 ; PHE, p = 0,0001 ; SER, p = 0,0074 ; VAL, p = 0,0063.

GAB			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	M	19	74,69
A	T	4	68,55
B A	L	19	54,00
B	R	4	44,66
B	K	5	39,46

LYS			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	6,62
B	L	19	3,13
B	T	4	2,56
B	M	19	2,33
B	R	4	1,92

GLU			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	M	19	5,56
B A	T	4	3,85
B A	R	4	3,56
B	K	5	1,81
B	L	19	1,69

MET			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	1,58
B	T	4	0,92
B	L	19	0,70
B	M	19	0,69
B	R	4	0,35

GLY			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	T	4	15,07
B A	M	19	14,42
B A	K	5	13,65
B C	R	4	8,93
C	L	19	7,24

PHE			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	4,00
B	L	19	1,69
B	T	4	1,56
B	M	19	1,28
B	R	4	1,24

ILE			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	4,44
B	L	19	1,74
B	M	19	0,96
B	R	4	0,81
B	T	4	0,66

SER			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	49,67
B A	L	19	32,80
B A	R	4	29,14
B	T	4	18,09
B	M	19	17,19

LEU			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	6,63
B	L	19	2,26
B	M	19	1,15
B	R	4	0,92
B	T	4	0,74

VAL			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	9,66
B	L	19	5,00
B	M	19	3,73
B	R	4	3,68
B	T	4	3,48

Influence de l'origine géographique

L'abondance en sels minéraux selon l'origine géographique de chaque cultivar a été étudiée par analyse de variance : la teneur en calcium varie de façon importante en fonction de l'origine géographique des échantillons, ce qui rend les résultats difficilement interprétables. Les cultivars ont pu cependant être classés en 2 groupes : les dattes provenant des Etats-Unis (Californie) et d'Arabie Saoudite (Hofuf et Al-Hassa), et celles des Emirats Arabes Unis (Al-Ayn) (tableau 3). Les différences observées sont significatives au seuil de $p = 0,002$. Les fruits provenant de Californie sont les plus riches en calcium, à l'inverse, ceux provenant de Al-Ayn sont les plus pauvres. Les teneurs en calcium des dattes originaires de Al-Hassa et Hofuf sont les plus proches, ce qui semble normal puisque ces 2 parcelles sont géographiquement voisines. Cependant, les teneurs des dattes de Al-Hassa sont légèrement plus élevées que celles des fruits provenant de Hofuf.

Les différences observées peuvent s'expliquer par la nature des sols sur lesquels les palmiers sont cultivés (les sols à Al-Hassa et Hofuf seraient plus calcaires que ceux d'Al-Ayn), ou par la composition de l'eau d'irrigation. Néanmoins, le fait que l'échantillonnage est de taille réduite, et qu'il est déséquilibré dans les différentes classes observées, incite à une certaine prudence quant aux interprétations à donner à ces observations.

Etude en fonction du stade de maturité

Les valeurs de chacun des sels minéraux ont été traitées par une ACP, en fonction du stade de maturité du cultivar. Globalement, la contribution à la variabilité totale expliquée par les 2 premiers axes est de 76 %, dont 57 % pour l'axe 1 et 19 % pour l'axe 2.

Les variables dont le \cos^2 est supérieur à 0,5 permettent de caractériser l'axe 1 dans sa partie négative par le magnésium, le calcium, le potassium et l'azote. L'axe 2 est principalement déterminé dans le sens négatif par le phosphore.

En accord avec les travaux de HAAS and BLISS (1935), il apparaît que les sels minéraux étudiés se partagent en 3 groupes, azote-potassium, phosphore, et calcium-magnésium.

Les dattes se caractérisent principalement par une forte teneur en potassium, conférant une prédominance alcaline aux cendres. Ces observations confirment celles de CLEVELAND and FELLERS (1932) sur les dattes irakiennes, et de HAAS and BLISS (1935) sur le cultivar Deglet Nour.

Conformément aux résultats obtenus sur les dattes californiennes (HAAS, 1935) et les dattes saoudiennes (SAWAYA *et al.*, 1983), la concentration en macro-éléments, essentiellement magnésium, calcium et potassium, tend à décroître des stades verts au stade Mûr dans la plupart des cultivars testés (tableau 5 et figures 5 à 7). Seules les dattes du cultivar Theory présentent un comportement différent, montrant une accumulation du potassium au cours de la maturation du fruit (figure 6).

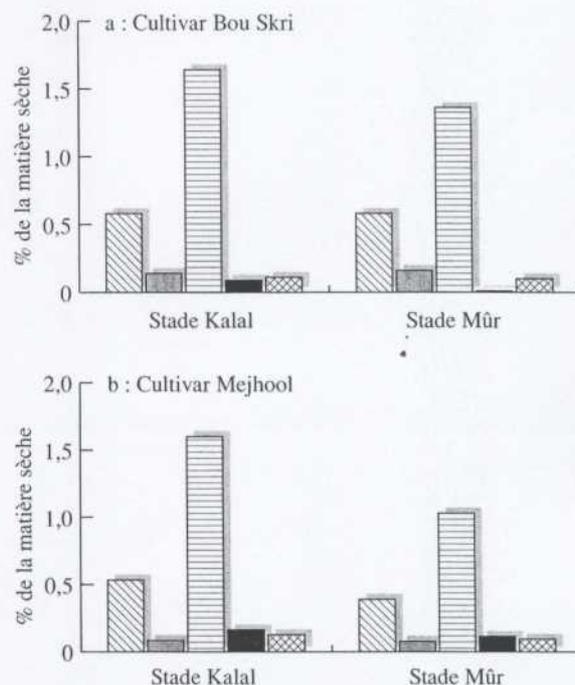


Figure 5. Modification de la teneur en sels minéraux, au cours de la maturation du fruit de cultivars à dattes molles.

Légende : azote phosphore potassium calcium magnésium

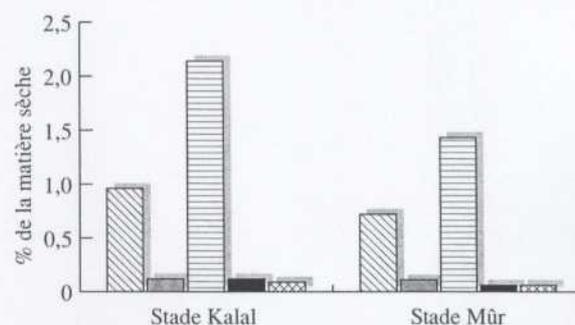


Figure 6. Modification de la composition en sels minéraux au cours de la maturation du fruit du cultivar Theory à dattes sèches.

Légende : azote phosphore potassium calcium magnésium

Or, le potassium joue un rôle important, entre autres, dans les réactions intervenant dans l'assimilation chlorophyllienne et la formation de glucides (DEMOLON, 1968). Leur variation pourrait donc permettre de tester l'action du potassium sur le métabolisme général de la plante : l'accumulation de cet élément peut en effet entraîner un ralentissement de la transformation du saccharose en hexoses et une diminution rapide de la teneur en sucres réducteurs (DEMOLON, 1968). Les études effectuées sur les dattes Theory (figure 2) mettent en évidence le fait que l'augmentation de la teneur en potassium au cours de la maturation du fruit s'accompagne bien d'une diminution des teneurs en glucose et fructose et d'une accumulation du saccharose du stade Kalal au stade mûr (tableau 4). Cependant, les résultats obtenus ne permettent pas une caractérisation précise.

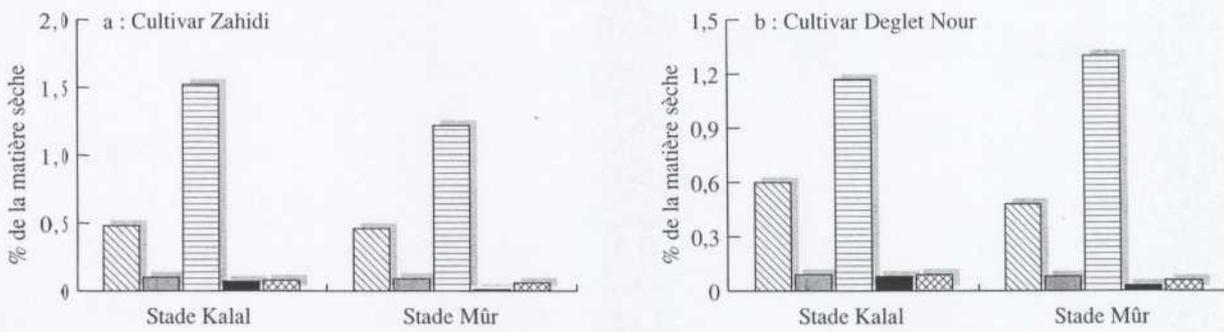


Figure 7. Modification de la composition en sels minéraux au cours de la maturation du fruit de cultivars à dattes demi-molles.

Légende :

azote phosphore potassium calcium magnésium

Tableau 3. Analyse de variance des sels minéraux significatifs et classification par le test de Duncan de leur importance en fonction de l'origine géographique USA (U), Al-Hassa (S), Hofuf (H), Al-Ayn (N) ; p=0,002.

Calcium				
Groupe Duncan	Origine	N	Valeur	
A	U	2	0,14	
A	S	4	0,11	
B	A	26	0,09	
B	N	8	0,04	

Tableau 4. Evolution des teneurs en sucres (saccharose, fructose, glucose) et en potassium de dattes du cultivar Thoory en fonction de leurs stades de maturité (Kalal ou Mûr).

	Stades de maturité	
	Kalal	Mûr
Potassium	1,42 % ± 0,00 %	1,81 % ± 0,10 %
Fructose	29,20 % ± 0,40 %	15,90 % ± 0,50 %
Glucose	30,10 % ± 2,00 %	16,50 % ± 0,80 %
Saccharose	6,30 % ± 1,90 %	41,10 % ± 1,90 %

Tableau 5. Analyse de variance des sels minéraux significatifs et classification de leur importance par le test de Duncan en fonction des stades de maturité : Kimri (K), Kalal (L), Routab (R), Tamar (T), Mûr (M).

Valeurs des p : potassium, p = 0,0001 ; calcium, p = 0,0002.

Potassium				Calcium			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur	Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	T	3	2,29	A	K	5	0,15
B	A	5	2,09	B	L	16	0,10
B	C	16	1,73	B	T	3	0,08
C	R	2	1,39	B	R	2	0,06
C	M	14	1,33	B	M	14	0,05

Tableau 5. (suite) Analyse de variance des sels minéraux significatifs et classification de leur importance par le test de Duncan en fonction des stades de maturité : Kimri (K), Kalal (L), Routab (R), Tamar (T), Mûr (M), $p = 0,0007$.

Magnesium			
Groupes Duncan	Maturité	N	Valeur
A	K	5	0,11
B A	L	16	0,10
B	T	3	0,08
B	R	2	0,08
B	M	14	0,07

Tableau 6. Valeurs du rapport calcium/potassium pour les 5 cultivars étudiés, en fonction de leurs stades de maturité (Kalal ou Mûr).

	Stades de maturité	
	Kalal	Mûr
Bou Skri	0,35 ± 0,20	0,23 ± 0,01
Mejhool	0,96 ± 0,36	0,88 ± 0,29
Deglet Nour	1,64 ± 0,17	1,58 ± 0,55
Zahidi	0,52 ± 0,16	0,97 ± 0,04
Thoory	1,33 ± 0,38	0,65 ± 0,13

térisation variétale fiable des différents cultivars étudiés. La teneur en sels minéraux ne semble donc pas être un bon marqueur variétal du dattier.

Le calcium et le phosphore, souvent en déficit dans les aliments courants, ont été trouvés en quantités relativement importantes dans les dattes, ce qui avait déjà été rapporté par YOUSIF *et al.* (1982) et SAWAYA *et al.* (1983). L'apport journalier en ces 2 éléments, recommandé pour un bon équilibre nutritionnel, se situe autour d'un rapport calcium / phosphore compris entre 1 et 1,5. Seules les dattes Mejhool, Deglet Nour et Zahidi présentent dans ce contexte, et aux stades de maturité correspondant à leur consommation habituelle (Kalal pour les dattes molles et Mûr pour les dattes demi-molles et sèches), un rapport satisfaisant (tableau 6).

Du fait de la composition en sels minéraux, en sucres et en acides aminés libres de ses dattes, le cultivar Mejhool semble finalement être le plus intéressant pour la nutrition humaine.

Conclusion

Les observations morphologiques et les propriétés pomologiques des dattes analysées n'ont pas permis la caractérisation précise des cultivars étudiés par manque de critères fiables.

L'analyse de la composition chimique des fruits a abouti au classement des différents cultivars en 3 catégories en fonction de la teneur en eau et en saccharose de la pulpe (dattes sèches, demi-molles et molles); cela confirme une classifica-

tion déjà connue depuis longtemps. Cependant, à l'intérieur d'une même catégorie, les cultivars n'ont pas pu être différenciés bien que certains des palmiers dattiers étudiés aient montré un comportement particulier :

- Deglet Nour a pu être caractérisé par une très forte teneur en saccharose dans ses fruits mûrs,
- Mejhool (à dattes molles) s'est avéré riche en acides aminés essentiels au stade Kalal,
- Thoory (à dattes sèches) s'est singularisé par une accumulation de potassium au cours de la maturation du fruit.

Les critères de composition chimique des fruits ne peuvent donc pas être non plus utilisés à des fins de caractérisation variétale du palmier dattier.

Cependant, les travaux réalisés ayant porté sur un petit nombre de cultivars (2 à dattes molles, 2 à dattes demi-molles, dont le cultivar particulier Deglet Nour, 1 à dattes sèches), il conviendra de confirmer les résultats obtenus par l'analyse d'un nombre plus important de représentants de chacune des 3 catégories définies.

Les études présentées, ayant mis en évidence des modifications dans les teneurs en sucres et en acides aminés libres des fruits au cours de la phase de maturation, peuvent s'avérer intéressantes dans le cadre d'études plus approfondies de la physiologie. Par ailleurs, la possibilité de caractérisation variétale des individus à un stade plus précoce que la première fructification, par utilisation des techniques telles que l'électrophorèse d'enzymes ou les RFLP, pourra être étudiée pour l'obtention de critères de classification fiables.

L'étude de la composition chimique des fruits et la recherche de marqueurs permettant la caractérisation variétale du palmier dattier constituent des études préliminaires nécessaires pour la mise en place d'un programme de multiplication accélérée des cultivars intéressants : les résultats de telles recherches permettraient de vérifier la conformité de plants obtenus par micropropagation *in vitro*.

Remerciements

Nous remercions vivement M. COUPÉ pour son aide précieuse dans les analyses statistiques, les responsables et le personnel des différents laboratoires du CIRAD⁽²⁾ où ont été effectuées les analyses de la composition chimique des dattes pour leur disponibilité, leur participation à ce travail et leur gentillesse.

Références

- ASHMAWI (H.), AREF (H.) and HUSSEIN (A.E.A.). 1956.
Compositional changes in Zaghloul dates throughout the different stages of maturity.
Journal of the Science of Food and Agriculture, 7, 625-628.
- AUDA (H.), AL-WANDAWI (H.) and AL-ADHAMI (L.). 1976.
Protein and amino acid composition of three varieties of Iraqi dates at different stages of development.
Journal of Agricultural Food and Chemistry, 24 (2), 365-367.
- BURROUGHS (L.F.). 1970.
Amino acids.
In: *The biochemistry of fruits and their products* (Volume 1). London and New York : Hulme (A.C.), eds, Academic Press, 119-146.
- CLEVELAND (M.M.) and FELLERS (C.R.). 1932.
Mineral composition of dates.
Industrial and Engineering Chemistry, 4 (3), 267-268.
- COOK (J.A.) and FURR (J.R.). 1952.
Sugars in the fruit of soft, semi-dry and dry commercial date varieties.
Date Growers' Institute Report, 29, 3-4.
- DEMASON (D.A.) and SEKKAR (K.N.C.). 1988.
The breeding system in the date palm (*Phoenix dactylifera* L.) and its recognition by early cultivators.
Advances in Economic Botany, 6, 20-35.
- DEMOLON (D.A.). 1968.
Croissance des végétaux cultivés - Potassium et Sodium.
In: *Principes d'agronomie*, (Tome II). Paris : Dunod, eds, 288-314.
- DOWSON (V.H.W.) and ATEN (A.). 1973.
Composition et maturation. Récolte et conditionnement des dattes.
Collection FAO, cahier n°72, 16-51.
- HAAS (A.R.C.). 1935.
Inorganic composition of date fruits.
Date Growers' Institute Reports, 12, 6-8.
- HAAS (A.R.C.) and BLISS (D.E.). 1935.
Growth and composition of Deglet Nour dates in relation to water injury.
Hilgardia, 9 (6), 295-344.
- HULME (A.C.). 1970.
The biochemistry of fruits and their products, (Volume 1). London and New York : Hulme (A.C.), eds, Academic Press.
- HUSSEIN (F.), MOUSTAFA (S.), ELKAHTANI (M.), EL-SAMIRAI (F.) and EL-ZEID (A.). 1974.
Studies on physical and chemical characteristics of eighteen date cultivars grown in Saudi Arabia.
Kingdom of Saudi Arabia, Ministry of agriculture, Research Bulletin, 4, 5-18.
- MUNIER (P.). 1973.
La datté.
In: *Le palmier dattier*. Paris : G.-P. Maisonneuve et Larose, 141-150.
- NIXON (R.W.). 1960.
Imported varieties of dates in the United States.
USDA Agriculture Information Bulletin, 207.
- PERREAU-LEROY (P.). 1952.
Le palmier dattier au Maroc.
Rapport INRAM-IFAC.
- PEYRON (G.) et GAY (F.). 1988.
Contribution à l'évaluation du patrimoine génétique Egyptien. Phénologie du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.).
Rapport de Mission GRIDAO, DSA-CIRAD.
- REUVENI (O.). 1986.
Date.
In: *Handbook of fruit set and development*. Floride (USA) : Monselise (S.P.), eds, CRC Press, Inc. Boca-Raton, 119-144.
- RINDERKNECHT (H.). 1959.
The free amino acid pattern of dates in relation to their darkening during maturation and storage.
Food Research, 24, 298-304.
- SANIER (C.), BERGER (P.), COUPE (M.), MACHEIX (J.J.), d'AUZAC (J.), RIVANO (F.), DE SAINT BLANQUAT (A.) et PETAT (J.M.). 1991.
Tentative de caractérisation de la résistance au *Microcyclus ulei* de divers clones d'*Hevea brasiliensis* en fonction de leur composition en phénols foliaires.
Rapport de recherches, USTL-Montpellier II, 1-48.
- SAWAYA (W.N.), MISKI (A.M.), KHALIL (J.K.), KHACHADOURIAN (H.A.) and MASHADI (A.S.). 1983.
Physical and chemical characterization of the major date varieties grown in Saudi Arabia.
I. Morphological measurements, proximate and mineral analyses.
Date Palm Journal, 2 (1), 1-25.
- TOUTAIN (G.). 1977.
Dossier phénologique du palmier dattier de la Station Centrale d'Agronomie Saharienne Marrakech.
Rapport interne INRAM, 1966-1977.
- VANDERCOOK (C.E.), HASEGAWA (S.) and MAIER (V.P.). 1979.
Quality and nutritive value of dates as influenced by their chemical composition.
Date Growers' Institute Report, 54, 3-11.
- YOUSIF (A.K.), BENJAMIN (N.D.), KADO (A.), SHEFA (M.A.) and SAAD (M.A.). 1982.
Chemical composition of four Iraqi date cultivars.
Date Palm Journal, 2 (2), 285-294.

Estudio de la composición química de los dátiles en diferentes estadios de madurez para la caracterización varietal de varios cultivares de palma datilera.

I. BOOLJ, G. PIOMBO, J.M. RISTERUCCI, M. COUPE, D. THOMAS et M. FERRY

Fruits, vol. 47, n°6, p. 667-678.

RESUMEN - Análisis de la composición química (contenido en agua, azúcares, aminoácidos libres, sales minerales) de 5 cultivares de dátiles (Bou Skri, Deglet Nour, Mejhool, Thoory et Zahdi) han sido hechos en diferentes estadios de madurez de las frutas. Los contenidos en agua y azúcares, específicamente la sacarosa, varían durante la maduración y nos permiten de agrupar los diferentes cultivares según la calidad de sus frutas: cultivares con dátiles blandos, medio blandos y secos. Por otro lado, sobre 18 aminoácidos libres analizados, la serina, la isoleucina, la leucina, la lisina, la metionina, la fenilalanina y la valina predominan en estadios verdes, mientras que los ácidos glutámico y t aminobutírico y la glicina están en concentraciones más elevadas en los dátiles maduros. El análisis de la composición en sales minerales muestra un fuerte contenido en potasio de las cenizas y un contenido en calcio variable según la procedencia geográfica de las frutas. Sin embargo, la composición en aminoácidos libres y en sales minerales no representan marcadores varietales suficientes para la caracterización de los diferentes cultivares. El análisis de la composición química de dátiles parece ser un medio mejor adaptado para estudios de la fisiología de la fruta particularmente durante su maduración.

PALABRAS CLAVES : *Phoenix dactylifera* L., variedades, dátil, composición química, azúcares, amino ácidos, contenido mineral, etapas de desarrollo, madurez.
