



N° d'ordre : 31/Ds/2019

N° de série : 03/IM/2019

Thèse de Doctorat en Sciences

Spécialité : Sciences Alimentaires

Thème

CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET PROFIL AROMATIQUE DE HUIT CULTIVARS DE DATTES ALGERIENNES

Présenté par : MEZROUA El Yamine

Soutenue le : 19/ 02 / 2019

Devant le Jury composé de :

Président(e) :	BABA HANI S.	Pr.	FSNV-Univ. Ouagla
Rapporteur :	AGLI A.	Pr.	INATAA-UFMC1
Examineurs :	AMIALI M.	Pr.	ENSA-Alger
	KAABOUCHE A.	Pr.	INATAA-UFMC1
	OULAMARA H.	Pr.	INATAA-UFMC1
	MOUSSER H.	Pr.	ENS-Constantine

REMERCIEMENTS

Ce travail est réalisé dans trois laboratoires différents : laboratoires d'analyse des arômes et des analyses physicochimiques, bâtiment de la technologie au Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD), Montpellier, France, laboratoire de chimie organique au département de la pharmacie, Université de Pise, Italie et laboratoires de faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre et de l'univers, Université 8 Mai 1945, Guelma, Algérie.

Je remercie profondément Monsieur AGLI Abdelnacer, professeur à l'INATAA, l'université Frères Mentouri Constantine 1, de m'avoir dirigé, conseillé et encouragé tout au long de ce travail. Il m'est aussi d'agréable devoir de vous adresser un grand merci pour la sympathie, la confiance et la liberté dont j'ai bénéficié au cours de la réalisation de cette thèse.

Je voudrais également remercier Madame BABA HANI Souad, professeur à l'université de Ouargla d'avoir accepté de présider le jury de soutenance. Soyez assurée de mon plus profond respect.

Je tiens à remercier aussi Monsieur AMIALI Malek, professeur à l'ENSA d'Alger, Monsieur KAABOUCHE Mohamed, professeur à l'INATAA, Madame OULAMARA Hayat, professeur à l'INATAA et Madame MOUSSER Hénia, professeur à l'ENS de Constantine d'avoir accepté d'examiner ce travail. Veuillez agréer ma sincère gratitude.

Un grand merci est adressé au Pr. CROUZET Jean de m'avoir recommandé à l'équipe d'analyse des arômes au CIRAD-Montpellier, à cette occasion, je remercie aussi tous les membres de cette équipe : Dr. BOULANGER Renaud, LEBRUN Marc, BONNEAU Adeline et Pr. GUNATA Ziya.

Un grand merci est adressé également au Pr. FLAMINI Guido de m'avoir aidé dans la réalisation des analyses et l'identification des composés volatils issus des différentes dattes étudiées.

Je remercie profondément Monsieur BELGUEDJ Malek, l'ex-directeur de l'Institut Technique de Développement de l'Agronomie Saharienne (ITDAS) Biskra de m'avoir aidé à la réalisation des différents plans d'échantillonnage, ainsi que la sélection des échantillons et également de m'avoir accordé le temps nécessaire pour discuter le sujet de ma thèse de doctorat.

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur LOUGHERAIB Abdelrazzak de m'avoir aidé à la collection des échantillons.

Je tiens à remercier Dr. BOUDALIA Sofiane, mon ami et mon collègue, pour son aide, son encouragement jusqu'au bout de la thèse.

Mes remerciements s'adressent aussi à Monsieur HAMIRA Ammar et Monsieur SAID Oussama, mes amis et mes frères, pour leur soutien et encouragement illimités.

Je voudrais adresser également mes remerciements à mes amis : BOUASLA Abdallah, BENSALAM Adel, CHEMACHE Loucif, CHIKHOUNE Anis, ZOUAOUI Nassim, BOUGUIRRA Ali, GOMRI Mohammed Amine et GAGAOUA Mohammed pour leurs conseils et encouragements.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES FIGURES

LISTE DES ABREVIATIONS

LISTE DES PUBLICATIONS ET COMMUNICATIONS

INTRODUCTION GENERALE..... 1

PREMIERE PARTIE : **SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE**

Chapitre 1 : La datte

1. Composition biochimique de la datte.....	3
1.1. Composition biochimique de la pulpe des dattes.....	3
1.1.1. Eau.....	3
1.1.2. Sucres.....	4
1.1.3. Protéines.....	6
1.1.4. Lipides.....	7
1.1.5. Fibres alimentaires.....	8
1.1.6. Minéraux.....	8
1.1.7. Vitamines.....	9
1.1.8. Pigments.....	10
1.1.9. Composés phénoliques.....	10
1.2. Composition biochimique du noyau de la datte.....	11
2. Variétés de la datte.....	13
2.1. Classification des variétés de la datte.....	14
2.1.1. Selon le taux d'humidité.....	14
2.1.2. Selon la résistance à la pluie.....	14
3. Stades de maturation de la datte.....	14
4. Facteurs influençant la composition biochimique des dattes.....	15

Chapitre 2 : Les arômes alimentaires

1. L'arôme des aliments.....	16
2. Composition chimique des arômes alimentaires.....	16
3. Facteurs influençant la composition des arômes alimentaires	18
3.1. Maturation.....	18
3.2. Facteur génétique.....	18
3.3. Traitement et conditions pré-récolte.....	18
3.4. Traitement et conditions post-récolte.....	19
4. Familles chimiques des composés aromatiques des aliments.....	19
4.1. Composés terpéniques	19
4.2. Composés soufrés.....	20
4.3. Esters.....	20

4.4. Phénols.....	20
4.5. Composé carbonylés.....	21
5. Caractéristiques des composés aromatiques.....	21
5.1. Solubilité et polarité des composés d'arôme.....	21
5.2. Volatilité et entraîabilité des arômes.....	21
5.3. Thermolabilité des composés d'arôme.....	21
5.4. Perception et détection des molécules aromatiques.....	22
6. Formation des composés aromatiques.....	23
7. Champs d'application des arômes alimentaires.....	26
8. Caractérisation des arômes alimentaires.....	26
8.1. Extraction des composés volatils.....	26
8.1.1. Extraction par solvant.....	26
8.1.2. Technique d'évaporation des arômes assistée par solvant (SAFE).....	27
8.1.3. Hydrodistillation.....	28
8.1.4. Hydrodistillation-extraction simultanée (SDE).....	29
8.1.5. Espace de tête.....	30
8.1.6. Micro-extraction en phase solide (SPME).....	30
8.2. Analyse des composés volatils.....	32
8.2.1. Chromatographie en phase gazeuse (GC).....	32
8.2.2. Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (GC/MS).....	33

DEUXIEME PARTIE :
MATERIEL ET METHODES

1. Choix et collection des échantillons.....	34
2. Description des échantillons.....	37
3. Conditions de la conservation des échantillons.....	38
4. Caractérisation morphologique des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande.....	38
5. Caractérisation organoleptique des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande.....	39
6. Caractérisation physico-chimique des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande.....	41
6.1. Teneur en humidité.....	41
6.2. pH.....	41
6.3. Acidité titrable.....	41
6.4. Taux de cendres.....	42
6.5. Teneur en matière solide soluble (Brix).....	42
6.6. Teneur en sucres totaux.....	42
6.7. Teneur en sucres réducteurs (glucose et fructose).....	43
6.8. Teneur en sucres non réducteur (saccharose).....	43
6.9. Teneur en lipides.....	43
7. Profil aromatique des huit variétés étudiées.....	44

7.1. Tests d'optimisation du protocole d'extraction des arômes des dattes.....	44
7.1.1. Echantillon des tests.....	44
7.1.2. Extraction des composés volatils de la datte Deglet-Nour.....	44
7.1.2.1. Extraction à sec des composés volatils de la datte Deglet-Nour par SPME.....	44
7.1.2.2. Extraction des composés volatils à partir d'un sirop de datte Deglet-Nour par SPME.....	45
7.1.2.3. Extraction des composés volatils de la datte Deglet-Nour par la technique SAFE	46
7.1.3. Protocole d'analyse des composés volatils de la datte par le système GC-MS.....	48
7.1.4. Identification des composés d'arôme de la datte.....	49
7.2. Caractérisation des arômes des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande.....	51
7.2.1. Préparation des échantillons	51
7.2.2. Extraction et analyse des composés d'arôme des variétés étudiées.....	51
7.2.3. Identification des composés aromatiques des variétés étudiées	52
8. Analyse statistique des données.....	52

TROISIEME PARTIE :
RESULTATS

1. Caractéristiques morphologiques, organoleptiques et physicochimiques des variétés de dattes étudiées	53
1.1. Caractéristiques morphologiques	53
1.1.1. Poids de la pulpe et du noyau.....	53
1.1.2. Dimensions de la datte et du noyau.....	53
1.1.3. Rapports morphologiques des variétés étudiées.....	54
1.1.4. Corrélacion du rapport longueur/diamètre et la forme de la datte.....	55
1.2. Caractéristique organoleptique des variétés étudiées de dattes algériennes.....	55
1.3. Caractéristiques physico-chimiques des variétés étudiées de dattes algériennes.....	56
1.3.1. Teneur en humidité	56
1.3.2. pH	56
1.3.3. Acidité titrable	57
1.3.4. Teneur en cendres	57
1.3.5. Brix (matière sèche soluble).....	58
1.3.6. Sucres totaux.....	58
1.3.7. Sucres réducteurs.....	59
1.3.8. Sucres non réducteurs (Saccharose).....	60
1.3.9. Teneur en lipides totaux.....	60
1.3.10. Corrélacion des caractéristiques physicochimiques et organoleptique des variétés de datte algérienne étudiées.....	61
2. Essais d'optimisation du protocole d'extraction des composés aromatiques.....	62

2.1. Extraction des composés aromatiques de la datte Deglet-Nour par la technique SPME.....	62
2.2. Extraction des composés aromatiques de la datte Deglet-Nour par la technique SAFE.....	64
3. Caractérisation des arômes des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande.....	65
3.1. Composés aromatiques des variétés étudiées.....	65
3.2. Classement hiérarchique des variétés étudiées en fonction de la présence ou de l'absence des composés volatils.....	67
3.3. Composés volatils majeurs des arômes de dattes étudiées.....	68
3.4. Familles chimiques des composés volatils de dattes étudiées.....	69
3.5. Classement hiérarchique des variétés étudiées en fonction de nombre des composés volatils dans chaque famille chimique.....	70
3.6. Composition qualitative des composés volatils de la datte.....	71
3.7. Composés volatils communs et spécifiques de la datte.....	71

QUATRIEME PARTIE :

DISCUSSION

1. Caractéristiques morphologiques des variétés étudiées des dattes algériennes.....	74
2. Caractéristique organoleptique des variétés des dattes étudiées.....	75
3. Caractéristiques physico-chimiques des variétés étudiées des dattes algériennes.....	76
3.1. Teneur en humidité.....	76
3.2. pH et acidité titrable des variétés étudiées.....	76
3.3. Cendres et matière sèche soluble (Brix) des variétés étudiées.....	77
3.4. Sucre des variétés étudiées.....	78
3.5. Lipides totaux des variétés étudiées.....	79
3.6. Corrélation des caractéristiques physicochimiques et organoleptique des variétés de la datte étudiée.....	80
4. Optimisation du protocole d'extraction des arômes de la datte Deglet Nour.....	81
5. Sensibilité et fiabilité de la méthode d'extraction des arômes (SPME).....	81
6. Caractérisation des arômes des huit variétés étudiées des dattes algériennes.....	82
6.1. Composés aromatiques.....	82
6.2. Composition volatile majeure des arômes des variétés étudiées.....	84
6.3. Familles chimiques et structures chimiques des composés volatils de la datte.....	84
6.4. Biosynthèse des composés volatils de la datte.....	85
6.5. Caractéristiques aromatiques des composés volatils de la datte.....	86
6.6. Composition qualitative des composés volatils de la datte.....	88
6.7. Variation de la composition quantitative de l'arôme de la datte en fonction de variété.....	88
CONCLUSION GENERALE.....	90
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	92
ANNEXES	
RESUME	

Liste des tableaux

Synthèse bibliographique

Tableau 1: Taux d'humidité des dattes dans quelques pays au stade de maturation (<i>Tamr</i>).....	3
Tableau 2 : Teneur en glucose et fructose durant les derniers stades de maturation de la datte.....	4
Tableau 3 : Teneur en sucres des dattes de quelques variétés au stade <i>Tamr</i> , en pourcentage de la matière sèche.....	5
Tableau 4 : Composition en acides aminés de la datte.....	6
Tableau 5 : Composition des acides gras de quelques variétés de la datte, exprimée en pourcentage du total des acides gras.....	7
Tableau 6 : Composition chimique du concentré des fibres alimentaires des variétés Deglet-Nour et Allig en poucentage de la matière sèche.....	8
Tableau 7: Composition minérale de la pulpe de la datte en mg pour 100 g de la matière sèche.....	9
Tableau 8 : Composition vitaminique de la datte.....	9
Tableau 9 : Composition des caroténoïdes de la datte pendant trois phase de maturation ($\mu\text{g}/100\text{ g MF}$).....	10
Tableau 10 : Teneur totale en composés phénoliques en mg/ 100 g de matière fraîche de quelques variétés de datte.....	11
Tableau 11 : Composition chimique du noyau de la datte en pourcentage de la matière sèche.....	12
Tableau 12 : Les variétés reconnues dans les principaux pays producteurs de la datte.....	13
Tableau 13: Dénomination des différents stades de maturation de la datte.....	15
Tableau 14: Effectif des molécules aromatiques identifiées pour chaque famille chimique.....	20
Tableau 15 : Seuil de détection dans l'eau à 20 °C de quelques composés d'arôme.....	22
Tableau 16 : Fibres de SPME disponible pour l'analyse des arômes.....	32

Matériel et méthodes

Tableau 17: Zones de production et de collections des dattes de l'étude.....	34
Tableau 18: Caractéristiques morphologiques des variétés de dattes étudiées.....	37

Résultats

Tableau 18: Paramètres morphologiques proportionnels des dattes étudiées.....	54
Tableau 19: Coefficient de corrélation linéaire du rapport longueur/diamètre et la forme des dattes étudiées.....	55
Tableau 20 : Propriété organoleptique des variétés étudiées de dattes algériennes	55
Tableau 21 : Analyse de variance du goût des dattes.....	55
Tableau 22 : Comparaison des moyennes du goût de la datte par le test de Tukey.....	56
Tableau 23: Coefficient de corrélation linéaire (Pearson) des caractéristiques physicochimiques et organoleptiques des dattes algériennes de faible valeur marchande... ..	61
Tableau 24: Identification et confirmation des composés d'arôme de la datte Deglet-Nour.....	62
Tableau 25: Classification des composés volatils des huit variétés de la datte algérienne selon leurs familles chimiques et leurs indices de rétention linéaire.....	65
Tableau 26: Composés volatils ^a de la datte algérienne (p.cent du total) et leurs seuils de détection.....	68
Tableau 27: Distribution des composés volatils de la datte commune algérienne.....	72
Tableau 28 : Nombre des composés aromatiques communs dans chaque paire de variétés des dattes.....	73

Liste des figures

Synthèse bibliographique

Figure 1 : Molécules chimiques à structures différentes et odeurs similaires (A) et des molécules à structures similaires et odeurs différentes (B).....	17
Figure 2 : Voies de formation des aldéhydes et des alcools dans le raisin.....	24
Figure 3 : Dégradation des acides aminés en composés volatils (A) et les composés d'arôme dérivés d'acide linoléique (B).....	25
Figure 4 : Montage de la technique Solvant Assisted Flavour Evaporation (SAFE).....	28
Figure 5 : Montage de Likens-Nickerson.....	29
Figure 6 : Application de SPME sur les différentes matrices alimentaires, le nombre de publications est obtenu de Web of Science entre les années 2006-2011.....	31
Figure 7 : Principe d'extraction par la technique micro-extraction en phase solide (SPME). A : Montage d'équipements SPME, B : Aiguille et fibre d'adsorption de la technique SPME. C : injection et désorption des molécules volatiles (Papet et al., 2010).....	31

Matériel et méthodes

Figure 8 : Variétés de datte choisies pour réaliser cette étude.....	35
Figure 9 : Site des palmeraies de collection des échantillons de datte de faible valeur marchande et les zones de production de datte.....	36
Figure 10 : Fiche d'évaluation sensorielle de caractéristiques organoleptique des variétés étudiées de dattes algériennes	40
Figure 11 : Préparation d'une solution de la datte de concentration de 10 % pour l'extraction des composés volatils par la technique SPME.....	45
Figure 12 : Protocole original d'extraction de l'arôme de la datte Deglet Nour par la technique SAFE.....	46
Figure 13 : Montage d'extraction des composés d'arôme de la datte.....	47
Figure 14 : Protocole modifié pour l'extraction des composés d'arôme de la datte Deglet Nour par la technique d'évaporation des arômes assistée par solvant (SAFE).....	48
Figure 15 : Courbe de tendance des indices de rétention des alcanes en fonction de leurs temps de rétention.....	50

Résultats

Figure 16 : Poids en gramme de la datte, de la pulpe et du noyau de quelques variétés de datte algérienne.....	53
Figure 17 : Dimensions en centimètre de la pulpe et du noyau des variétés étudiées.....	54
Figure 18 : Teneur en eau en pourcentage des variétés de la datte algérienne.....	56
Figure 19 : pH des variétés étudiées de dattes algériennes.....	57
Figure 20 : Acidité titrable des variétés étudiées de dattes algériennes.....	57
Figure 21 : Taux de cendres des variétés de datte algérienne.....	58
Figure 22 : Teneur en matière sèche soluble (Brix) en pourcentage des variétés de datte algérienne.....	58
Figure 23 : Teneur en sucres totaux en pourcentage dans quelques variétés de datte algérienne.....	59
Figure 24 : Teneur en sucres réducteurs en pourcentage de quelques variétés de datte algérienne.....	59
Figure 25 : Teneur en sucres non réducteurs en pourcentage de quelques variétés de datte algérienne.....	60
Figure 26 : Teneur en lipides totaux en pourcentage de quelques variétés de datte algérienne.....	60
Figure 27 : Composés volatils identifiés dans la datte de Deglet-Nour à partir des	

différents modes d'extraction par la technique SPME.....	63
Figure 28 : Classement hiérarchique ascendant en fonction de présence des composés volatils dans les variétés de la datte algérienne.....	67
Figure 29: Groupe des composés volatils de différentes variétés de datte étudiées.....	70
Figure 30: Classement hiérarchique ascendant des variétés de la datte algérienne selon le nombre des molécules volatiles des différentes familles chimiques.....	70
Figure 31: Analyse factorielle de correspondance en fonction de présence des composés volatils dans la datte algérienne.....	71

Liste des abréviations

MF	matière fraîche
MS	matière sèche
MO	matière organique
EAG	équivalent d'acide gallique
KJ	kilojoules
QE	équivalent de la quercétine
RE	équivalent de rutine
CE	équivalent de cyanidine
NFE	extrait non azoté
AVG	aminoéthoxyvinylglycine
MCP	méthylcyclopropène
MJ	méthyl jasmonate
PPM	partie par million
LOOH	hydroperoxyde de l'acide linoléique (acide linoléique)
AAT	alcool acyl-coa transférase
ADH	alcool déhydrogénase
AER	alkénal oxidoréductase
AOC	allène oxide cyclase
AOS	allène oxide synthase
HPL	hydroperoxyde lyase
JMT	jasmonate méthyltransférase
LOX	lipoxygénase
OPR	12-oxo-phytyldienoic acid reductase.
SAFE	solvent assisted flavour evaporation
HPLC	high performance liquid chromatography
SPME	solid phase microextraction
PDMS	polydiméthylsiloxane
PDMS/DVB	polydimeéthylsiloxane/divinylbenzène
PA	polyacrylate
CAR/PDMS	carboxen/divinylbenzène
CW/DVB	carbowax/divinylbenzène
DVB/CAR/PDMS	divinylbenzène/carboxen/polydiméthylsiloxane

GC	gas chromatography
GC/MS	gas chromatography/mass spectroscopy
ITDAS	institut technique de développement de l'agronomie saharienne
MSD	mass spectre data
CIRAD	centre international de recherche pour l'agriculture et le développement
NIST	national institute of standards and technology of America
ACP	analyse des composantes principales
ANOVA	analyse de variance
AFC	analyse factorielle de correspondance
DMAPP	pyrophosphate de diméthylallyl
IPP	pyrophosphate d'isopentenyl
GPP	géranyl pyrophosphate
FPP	farnésyl pyrophosphate
IDS_s	isoprényl diphosphate synthases a chaine courte

Liste des publications et communications

Publications :

Mezroua E.Y., Agli A., Flamini G., Boudalia S., Oulamara H., 2017. Aroma characterization of ripe date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) from Algeria. African Journal of Biotechnology. 16 (42): 2054-2061.

Mezroua E.Y., Agli A. Morphological and Physicochemical characteristics of some Algerian dates with low market value. Article en cours de soumission.

Communications:

Mezroua E.Y., Lebrun M., Agli A., 2014. Profil aromatique de la datte Deglet Nour. Communication affichée dans le séminaire international des sciences alimentaire (SISA 2014), organisé en 15-16 octobre 2014 au niveau de l'INATAA, Université Constantine 1, Algérie.

INTRODUCTION

Introduction générale

La filière phoenicicole s'est développée considérablement à l'instar des autres filières agricoles stratégiques de l'Algérie, enregistrant un taux de développement moyen annuel de 3% avec une production de 960.000 tonnes de dattes en 2015 contre 418.000 tonnes en 2002 (**Belguedj, 2016**). Durant l'année 2015, une quantité de 297.000 tonnes de dattes est destinée à l'alimentation de bétail (30,9 %) et une autre estimée à 122.500 tonnes de datte est orientée à la transformation, principalement en pâte (12,76 %). Ce taux est presque trois fois moins que le taux de perte estimé à 30,9 %. Aujourd'hui, cette filière doit s'orienter vers l'industrialisation pour transformer les dattes de faible valeur marchande en produits à haute valeur ajoutée tels que le sucre liquide, la levure, la confiserie, l'alcool chirurgical, le vinaigre, la farine, le sirop ou la pâte de dattes. Les arômes qui sont des produits très demandés dans le marché algérien et international, sont peu étudiés dans la datte. La caractérisation de ces arômes auraient des perspectives industrielles, tant au niveau de la synthèse que l'utilisation en agroalimentaire (**Belguedj, 2016**).

L'arôme du fruit est un critère très important pour l'évaluation sensorielle de sa qualité. C'est l'un des points critiques de l'acceptabilité et de la satisfaction du consommateur et peut influencer directement la décision de la consommation du produit. Par conséquent, il est intéressant de connaître la nature exacte des composants de la composition aromatique. En effet, l'analyse des composés volatiles demeure un challenge majeur pour l'industrie alimentaire (**Fernandez et Cabrol-Bass, 2007**). Les composés d'arôme sont généralement présents dans les produits alimentaires en très grand nombre ; 360 composés ont été détectés dans l'arôme de la fraise, plus de 600 composés dans le café et autour de 850 constituants dans le vin. Ces composés volatiles identifiés appartiennent à plusieurs familles chimiques (**Crouzet, 1998**).

L'arôme du fruit est une collection ou un mélange des différents métabolites dont les différentes proportions des composés volatils et l'absence ou la présence d'un seul ou de certains composés en traces, déterminent les propriétés aromatiques globales du fruit (**Ayala-Zallava et al., 2004**).

Dans la littérature, il existe très peu des travaux qui ont étudié les composés volatils de la datte (**Jaddou et al., 1984 ; Reynes et al., 1996 ; Harrak et al., 2005 ; Lebrun et al., 2007 ; El-Arem et al., 2011, 2012**) comparativement aux autres constituants de la datte, les

sucre, les fibres, les sels minéraux ou d'autres fruits tels que la fraise, l'abricot, la pomme, le café et la banane. Aucune étude à notre connaissance n'a été réalisée sur les composés d'arôme des variétés de dattes algériennes.

Le but de cette étude est la caractérisation morphologique, physicochimique, organoleptique et l'identification des composés aromatiques des huit variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande. Pour ce faire, plusieurs analyses de caractérisation ont été faites en adoptant la micro-extraction en phase solide (SPME) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) pour l'analyse et l'identification des composés volatils de huit variétés de dattes algériennes.

SYNTHÈSE

BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1 : La datte

1. Composition biochimique de la datte

1.1. Composition biochimique de la pulpe des dattes

1.1.1. Eau

L'eau est l'un des principaux constituants des fruits définissant leur qualité et influençant leur conservation. Sa teneur varie de 60% durant les premiers stades de la maturation à 25 % au stade sec du fruit (Barreveld, 1993). Selon Matallah (1970), Mrabet *et al.* (2008) et Al Farsi et Lee (2008), la teneur en eau dans les dattes au stade *Tamr* est de l'ordre de 8 à 30 % pour les dattes algérienne, de 14 à 47 % pour les dattes Tunisienne et de 9,2 et 32,1 % pour les dattes originaires d'Oman. Cette différence dans la teneur en eau dépend de variété et de climat. De même, au cours des stades de la maturation, il existe un déclin notable du taux d'humidité de 50,4 % aux valeurs comprises entre 9,2 et 32,1 % (Tableau 1) (Ahmed *et al.*, 1995, Al Arem *et al.*, 2011). Ces teneurs peuvent influencer directement sur la consistance des dattes en classant les dattes algériennes par exemple en trois catégories: molles (Ghars ; 25,4 %), demi-molles (Deglet Nour ; 22,6 %) et sèches (Mech-Degla ;13,7 %) (Khenfar, 2004).

Tableau 1: Taux d'humidité des dattes dans quelques pays au stade de maturation (*Tamr*) (Khenfar, 2004 ; Al Arem *et al.*, 2011 et Ahmed *et al.*, 1995)

Pays	Variétés	Humidité (%)
Algérie	Deglet-Nour	22,60
	Mech-Degla	13,70
	Ghars	25,40
Tunisie	Alig	25,42
	Degla	24,52
	Gosbi	24,61
	Horra	17,81
Emirats Arabes Unis	Naghal Hilali	32,10
	Fard	27,70
	Barhi	29,50
	Khulas	22,30
	Gush Rabei	25,50
	Naghal	09,20

Synthèse bibliographique

1.1.2. Sucres

Les dattes sont constituées de 70 % de glucides au stade *Tamr*, ce qui les habilite d'être une source importante d'énergie où 100 g de ce fruit peut fournir 314 kcal (Al Farsi et Lee, 2008). La majeure partie des glucides de la datte est constituée des sucres réducteurs principalement le glucose et le fructose qui sont aisément absorbables par le corps humain (Myhara *et al.*, 1999 ; Al Farsi *et al.*, 2005). La teneur de ces sucres augmente rapidement pendant la maturation de la datte du stade *Kimri* via le stade *Khalal* et *Rutab*, vers le stade *Tamr* (Tableau 2) (Ahmed *et al.*, 1995, Al Arem *et al.*, 2011, Al Arem *et al.*, 2012). Selon Açourène et Tama (1997), les sucres réducteurs représentent 26 à 99 % des sucres totaux qui peuvent composer 72 à 94 % de la matière sèche de la datte durant le stade *Tamr* (Tableau 3). Par ailleurs, Les dattes contiennent d'autres sucres simples mais en faible proportion tels que : le sorbitol, le galactose et le xylose (Siboukeur, 1997).

Tableau 2 : Teneur en glucose et fructose durant les derniers stades de maturation de la datte (Al Arem *et al.*, 2011, Al Arem *et al.*, 2012)

Variétés	Stades de maturation	Glucose (% MS)	Fructose (% MS)
Alig	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	25,26	22,66
	<i>Tamr</i>	27,30	25,31
Degla	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	16,10	14,48
	<i>Tamr</i>	19,95	16,92
Deglet-Nour	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	11,79	11,01
	<i>Tamr</i>	15,83	14,01
Gosbi	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	28,53	27,57
	<i>Tamr</i>	29,77	27,80
Horra	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	10,90	10,51
	<i>Tamr</i>	14,72	14,60
Beidh Hmam	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	28,51	24,10
	<i>Tamr</i>	28,90	25,12

Synthèse bibliographique

Suite du Tableau 2.

Rtob	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	29,97	22,88
	<i>Tamr</i>	32,09	24,51
Khalt Ahmar	<i>Besser</i>	-	-
	<i>Rutab</i>	25,27	20,89
	<i>Tamr</i>	27,38	21,99

(-) : le glucose et le fructose ne sont pas déterminés dans le stade de *Bser*.

Tableau 3 : Teneur en sucres des dattes de quelques variétés au stade *Tamr*, en pourcentage de la matière sèche (Ahmed *et al.*, 1995, Açourène et Tama, 1997, Al Arem *et al.*, 2011)

Pays	Variétés	Sucres totaux	Saccharose	Sucres réducteurs
Algérie	Ghars	87,42	5,00	82,12
	Tantbouchet	79,80	0,90	78,80
	Deglet-Ziane	84,00	2,45	81,45
	Litima	78,51	4,29	73,40
	Safraia	79,00	1,31	77,61
	El-Ghazi	94,90	0,80	94,00
	Mech-Degla	75,10	52,40	20,00
	Kenta	72,30	40,55	36,80
Tunisie	Alig	52,62	00	52,62
	Degla	53,89	17,86	34,88
	Gosbi	57,56	00	57,56
	Horra	55,44	26,12	29,32
Emirats Arabes Unis	Naghal Hilali *	52,70	00	52,70
	Fard *	59,50	00	59,50
	Barhi *	57,20	00	57,20

* : Teneur en sucre exprimée en pourcentage de la matière fraîche

Selon Al Arem *et al.* (2011), la teneur de sucres dans la datte varie essentiellement en fonction de la variété (89,95%) et à moindre degré en fonction du stade de maturation (5,23%). Mais, l'interaction de ces facteurs présente une faible influence (variabilité) (2,61%). En outre, au cours des stades de la maturation des dattes, le saccharose est converti en sucres réducteurs, principalement en glucose et fructose, sous l'action d'une enzyme dite invertase, ce qui diminue sa teneur au fur et à mesure de la maturation (Barreveld, 1993).

Synthèse bibliographique

1.1.3. Protéines

La datte n'est pas une source considérable de protéines, leur teneur totale augmente consécutivement avec les stades de maturation du fruit pour arriver à son maximum dans le stade *Tamr* (Ahmed *et al.*, 1995 ; Al Arem *et al.*, 2011). Selon les mêmes auteurs, elles représentent au stade *Tamr* 1,9 à 3 % de la matière fraîche de la datte chez les variétés des Emirats arabes unis et 2,22 à 5,02 % chez les variétés tunisiennes. La composition protéique des dattes est qualitativement et quantitativement très variable (Tableau 4) en fonction de la variété et de stade de maturation. Elle contient plus de protéines par rapport à la pomme, l'orange, la banane et le raisin qui renferment des teneurs de 0,30%, 0,70%, 1% et 1% respectivement (Al-Showiman, 1998). En outre, les protéines de la datte sont constituées de 23 acides aminés dont certains ne sont pas présents dans quelques fruits tels que la pomme, la banane et l'orange (Al-Shahib et Marshall, 2003).

Tableau 4 : Composition en acides aminés de la datte (Al Farsi et Lee, 2008).

Acides aminés	Teneur en mg/100g
Alanine	30-133
Arginine	34-148
Acide aspartique	59-309
Cystéine	13-67
Acide glutamique	100-382
Glycine	42-268
Histidine	0.1-46
Isoleucine	4-55
Leucine	41-242
Lysine	42-151
Méthionine	4-62
Phénylalanine	25-67
Proline	36-148
Sérine	29-128
Thréonine	23-95
Tryptophane	7-92
Tyrosine	15-156

Synthèse bibliographique

1.1.4. Lipides

Les lipides représentent dans les dattes une teneur négligeable de l'ordre de 0,1 à 0,2%. Cette teneur connaît un faible changement au cours de la maturation du fruit (**Ahmed et al., 1995**). La teneur en lipides est faible dans tous les stades de développement des dattes, elle passe de 0,42% au stade de *Bser* à 0,24 % au dernier stade *Tamr*. Cette teneur est majoritairement variable en fonction de variété (85,38%) (**Al Arem et al., 2011**).

La matière grasse de la datte est approximativement composée de 50 % des acides gras saturés principalement l'acide palmitique, 40 % des acides gras mono-insaturés et 10 % des acides gras polyinsaturés. Cette composition compte 15 acides gras différents (Tableau 5) dont l'acide palmitique, l'acide stéarique, l'acide oléique, l'acide linoléique et l'acide linoléique qui sont considérés importants grâce à leurs fluctuations dynamiques pendant le développement et la maturation du fruit (**Al-Arem et al., 2012**).

Tableau 5 : Composition des acides gras de quelques variétés de datte, exprimée en pourcentage du total des acides gras (**Al-Arem et al., 2012, Yahiaoui, 1998**).

Lipides	Beidh Hmam		Rtob		Khalt Ahmar		Deglet-Nour
	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>	<i>Tamr</i>
Lipides totaux (g/100 g MS)	0,19	0,19	0,40	0,30	0,23	0,20	-
C 14 :0	1,78	1,77	3,72	2,12	2,89	3,22	8,66
C 15 :0	1,51	1,13	1,83	1,57	1,94	2,17	-
C 16 :0	17,07	22,94	21,50	22,66	20,50	18,98	7,89
C 18 :0	13,26	21,08	14,55	16,80	15,12	14,53	10,47
C 20 :0	14,42	2,66	1,55	3,25	1,10	1,21	-
C 21 :0	0,66	1,79	1,36	2,64	9,86	5,77	-
C 23 :0	2,69	1,89	1,04	0,82	2,91	1,24	-
Total	51,42	53,30	45,57	49,88	54,33	47,13	27,02
C14 :1	0,62	0,18	2,13	0,76	1,07	1,49	-
C 16 :1 <i>n-7</i>	3,40	1,51	8,20	3,21	3,34	6,83	-
C 18 :1 <i>n-9</i>	19,59	31,31	33,87	31,99	23,72	18,49	10,74
C 18 :1 <i>n-7</i>	14,26	3,25	1,85	2,83	4,84	6,53	-
C 20 :1 <i>n-9</i>	2,89	1,90	1,34	2,18	2,14	0,91	-
Total	40,71	38,16	47,41	40,92	35,12	34,26	10,74
C 18 :2 <i>n-6</i>	3,46	4,37	4,04	3,92	3,02	1,37	11,47
C 18 :3 <i>n-3</i>	2,33	1,16	1,29	2,37	0,87	8,46	12,30
C 20 :2 <i>n-6</i>	2,07	2,99	1,67	2,89	6,64	8,76	-
Total	7,88	8,53	7,01	9,19	10,54	18,60	23,77

Synthèse bibliographique

1.1.5. Fibres alimentaires

Les dattes présentent des proportions intéressantes de fibres alimentaires qui sont comprises entre 2 à 12,7% de la matière sèche (**Al-Shahib et Marshall, 2002 ; Al-Hooti et al., 1995 ; Al-Farsi et al., 2007**).

En outre, il existe des variétés qui présentent des valeurs très importantes de fibres alimentaires et considérées comme une bonne source de ces éléments alimentaires telles que la Deglet-Nour et l'Allig qui contiennent des proportions de 14,4 % et 18,4 % respectivement, avec la dominance des fibres alimentaires insolubles (9,19 et 11,7 %) (Tableau 6) (**Elleuch et al., 2008**).

Selon **Benchabane (1996)**, la paroi cellulaire de la datte mûre est pauvre en pectine (3% MS) mais riche en fibres (6 à 8% MS) et plus particulièrement en hémicelluloses qui forment avec la pectine, la cellulose et la lignine les constituants pariétaux de la datte.

Tableau 6 : Composition chimique du concentré des fibres alimentaires des variétés Deglet-Nour et Allig en pourcentage de la matière sèche (**Elleuch et al., 2008**).

Constituants (%) M.S.	Deglet-Nour	Allig
Fibres alimentaires totales	88,00	92,40
Fibres alimentaires insolubles	81,30	84,70
Fibres alimentaires solubles	6,70	7,69
Cendres	2,03	2,10
Protéines	9,12	8,98
Sucres (saccharose, fructose et glucose)	0	0

1.1.6. Minéraux

La composition minérale de la datte est riche surtout en fer, calcium, cobalt, cuivre, fluorine, magnésium, manganèse, potassium, phosphore, sodium, soufre, bore, sélénium et zinc (**Al-Farsi et Lee, 2008 ; Ali Mohamed et Khamis, 2004**). Les teneurs en pourcentage de potassium, de phosphore et de fer dans la datte sont plus élevées par rapport à d'autres fruits (Tableau 7). Elles sont trois à cinq fois de plus par rapport au raisin, la pomme et l'orange (**Al Showiman, 1998**). Selon **Al-Farsi et Lee (2008)**, la consommation de 100 g de datte peut assurer plus de 15 % de l'apport journalier recommandé en sélénium, cuivre, potassium et magnésium.

Synthèse bibliographique

Par ailleurs, les cendres de ce fruit varient en fonction de stade de développement, elles augmentent progressivement avec la maturation pour avoir au stade *Tamr* (le dernier stade de maturation de la datte) des valeurs comprises entre 1,4 et 1,9% de la matière fraîche (Ahmed *et al.*, 1995).

Tableau 7: Composition minérale de la pulpe de la datte en mg pour 100 g de la matière sèche (Elleuch *et al.*, 2008, Siboukeur, 1997).

Matière minérale	Deglet-Nour	Allig	Ghars	Tanslit	Litima
Cendres (% MS)	2,50	2,52	-	-	-
Potassium (K)	863	823	664	435	452
Chlore (Cl)	-	-	256	176	157
Phosphore (P)	101	104	-	-	-
Magnésium (Mg)	41,60	44,10	17,38	20,61	20,20
Calcium (Ca)	47,70	63,00	80,50	60,10	61,20
Sodium (Na)	10,20	10,10	2,03	0,83	1,30
Fer (Fe)	2,50	2,00	2,03	0,83	1,30
Cuivre (Cu)	-	-	1,92	0,99	1,10
Manganèse (Mn)	-	-	2,10	1,20	1,50

(-): Non déterminé

1.1.7. Vitamines

Les dattes sont riches en vitamines hydrosolubles et essentiellement du groupe B telles que la riboflavine (B₂), la thiamine (B₁) et l'acide folique (B₉) et de la biotine (H) et de l'acide ascorbique (C) (Tableau 8) (Al-Farsi et Lee, 2008). Ces vitamines sont indispensables à la santé humaine, Lambiote (1983) a constaté le scorbut et le beri-beri chez des travailleurs indiens qui n'ont pas mangé la datte. Il a remarqué aussi l'absence totale des maladies relatives à la carence en vitamines chez 4000 habitants du désert saoudite, qui consomment régulièrement la datte.

Tableau 8 : Composition vitaminique de la datte (Favier *et al.*, 1995)

Vitamines	Teneur moyenne pour 100 g
Acide ascorbique (C)	2,00 mg
Thiamine (B ₁)	0,06 mg
Riboflavine (B ₂)	0,10 mg
Niacine (B ₃)	1,70 mg
Acide pantothénique (B ₅)	0,80 mg
Vitamine B ₆	0,15 mg
Folates (B ₉)	28,00 µg

Synthèse bibliographique

1.1.8. Pigments

Les pigments de caroténoïdes présents dans la datte ont été rarement étudiés et cela peut être dû à l'hypothèse de l'absence de caroténoïdes dans la datte car elle a une couleur brune et ces pigments sont responsables essentiellement de la couleur jaune, orange et rouge. En effet, la datte renferme plusieurs pigments à savoir : les caroténoïdes, les anthocyanine, les flavones, les flavonoles, le lycopène, le B-carotène, le flavoxanthine et la lutéine (**Gross et al., 1983**). Selon **Boudries et al., 2007**, les majeures caroténoïdes de la datte mûre sont la lutéine et le β -carotène qui est l'origine de la provitamine A (Tableau 9). Au cours de développement de la datte du stade *Khallal* (*Bser*) au stade *Tamr*, les caroténoïdes se dégradent pour atteindre une basse valeur au stade *Tamr*.

Tableau 9 : Composition des caroténoïdes de la datte pendant trois phase de maturation ($\mu\text{g}/100\text{ g MF}$) (**Boudries et al., 2007**)

Caroténoïdes	Deglet-Nour			Hamraia			Tantbouchet		
	<i>Khallal</i>	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>	<i>Khallal</i>	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>	<i>Khallal</i>	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>
Lutéine	57,70	156	59,60	702	33,60	45,70	544	27,60	129
B-Carotène	2,60	6,40	3,00	23,20	2,50	3,00	70,00	3,30	9,50
Caroténoïdes mineures	1,40	5,00	1,70	47,90	1,10	2,60	57,80	1,70	6,20
Total	61,70	167,30	64,30	773	37,30	51,30	672	32,60	145

Par ailleurs, il existe plusieurs facteurs qui gouvernent la dégradation de la couleur et du pigment durant la transformation thermique des produits alimentaires tels que le brunissement enzymatique et non enzymatique et les conditions de la fabrication comme le pH, l'acidité, l'oxydation, la matière de l'emballage, la durée et la température de la conservation. Pour préserver la couleur de la pâte de datte au cours de la fabrication, il ne faut jamais dépasser le seuil d'énergie de 65,17 KJ mol qui active la dégradation de la couleur (**Ahmed et Ramaswamy, 2005**).

1.1.9. Composés phénoliques

Les dattes possèdent des propriétés antioxydante et antimutagène in vitro (**Vayalil, 2002**). Ces propriétés proviennent de la présence des composés phénoliques qui sont composés essentiellement des acides cinnamiques (composés dominants), des flavones

Synthèse bibliographique

glycosides, des flavanones glycosides et des flavonols glycosides (**Mansouri et al., 2005**). Le taux total de ces composés dans la datte est très variable en fonction des variétés et des méthodes d'extraction. Selon **Mansouri et al. (2005)**, la teneur totale des composés phénoliques est comprise entre 2,49 et 8,36 mg EAG/100 g de matière fraîche de datte. Cependant, d'après d'autres auteurs les dattes contiennent des teneurs en composés phénoliques totaux de l'ordre de 167 à 709 mg EAG/100 g de matière fraîche (Tableau 10) (**Benmeddour et al., 2012 ; Saafi et al., 2009 ; Wu et al., 2004**).

Tableau 10 : Teneur totale en composés phénoliques en mg/ 100 g de matière fraîche de quelques variétés de datte (**Benmeddour et al., 2012**)

Variétés	Composés phénoliques totaux (mg GAE/100 g)	Flavonoïdes Totaux (mg QE/100g)	Flavonols Totaux (mg RE/100 g)	Tanins condensés (mg CE/100 g)
Mech-Degla	277,26	45,09	12,95	147,05
Deglet-Ziane	288,66	33,00	12,79	221,88
Deglet-Nour	225,57	15,22	6,73	184,34
Thouri	255,82	21,97	14,57	135,83
Sebt Mira	858,71	231,76	16,53	389,15
Ghazi	954,59	299,74	36,64	525,06
Degla-Beida	331,29	72,77	16,04	175,08
Arechti	947,56	153,89	15,49	420,59
Halwa	562,12	133,70	28,94	82,81
Litima	229,92	19,62	12,74	154,99

GAE : équivalent d'acide gallique pour 100 g de matière fraîche de la datte.

QE : équivalent de la quercétine

RE : équivalent de rutine

CE : équivalent de cyanidine

1.2. Composition biochimique du noyau de la datte

Les noyaux de datte sont un sous produit de sa transformation. Ils représentent généralement de 13 à 15 % de son poids (**Hussein et al., 1998**). Ils sont utilisés dans l'alimentation des ruminants car ils renferment 6 % de protéines, 8 % de lipides, 13,5 % de fibres et 1 % de cendres (**Aldhaheiri et al., 2004**). Ils contiennent aussi 71,5 % d'extrait non azotique (NFE) (Tableau 11). La matière grasse du noyau de la datte est constituée dans la majeure partie de l'acide laurique (C12 :0), l'acide oléique, l'acide palmitique et l'acide

Synthèse bibliographique

linoléique. L'acide caprique et l'acide pentadécanoïque présentent une faible valeur dans les noyaux torréfiés de la datte (**Rahman *et al.*, 2007**).

Tableau 11 : Composition chimique du noyau de la datte en pourcentage de la matière sèche (**Aldhaferi *et al.*, 2004**)

Constituant	% (MS)
<i>Composition chimique de fibres brutes</i>	
Protéines totales	6,00
Extrait d'éther	8,00
Fibres brutes	13,50
Cendres	1,00
NFE	71,50
Amidon	3,00
Non-amidon	68,50
<i>Composition chimique de fibres alimentaires</i>	
Protéines totales	6,00
Extrait d'éther	8,00
Fibres alimentaires	58,30
Cendres	1,00
NFE ^a	26,70
Mannose	20,9
Glucose	2,01
Allose	1,96
Galactose	0,99
Arabinose	0,48
Xylose	0,35
Rhamnose	0,03
Fructose	0,01

a : NFE= 100-(protéines totales+ extrait d'éther+ fibres brutes+ cendres).

Synthèse bibliographique

2. Variétés de la datte

Le nombre des variétés de la datte diffère d'une région et d'un pays à l'autre. Certaines variétés sont reconnues à l'échelle internationale et devenues des labels telles que : Deglet-Nour (Algérie, Tunisie), Fard (Oman), Barni (pays du Golfe d'Arabie), Barhi (Iraq), Mejhoul (Maroc) (**Ouda Ibrahim, 2012 ; Belguedj, 2001**). Dans l'Algérie uniquement, il existe plus de 940 variétés (**Hannachi et al., 1998**) qui se distinguent par leurs dimensions, couleurs, forme, consistance et leurs saveurs (**Belguedj, 2001**).

La dénomination des variétés de la datte est due à leurs : couleurs, formes, date de la maturation, caractéristiques spécifiques, nom de leur propriétaire ou de la région dans laquelle cette variété a été connue pour la première fois. La disponibilité de certaines variétés dans plusieurs pays est remarquable surtout dans les pays voisins (**Ouda Ibrahim, 2012**). Le tableau ci-après résume les variétés de la datte les plus répandues dans les principaux pays producteurs.

Tableau 12 : Les variétés reconnues dans les principaux pays producteurs de la datte
(**Munier, 1973**)

Pays	Variétés
Algérie	Deglet-Nour, Degla-Beida, Mech-Degla
Tunisie	Deglet-Nour, Allig
Maroc	Mejhoul, Jihel, Boufeggous
Libye	Bikraari, Khadraï, TASFERT
Mauritanie	Ahmar, Tinterguel, Tidiguert, Sekani, Amsersi
Tchad	Martchiano, Zalao, Mektouli, Koudido
Egypte	Hayani, Saïdi, Samani
Irak	Barhi, Zahdi, Halaoui, Deri, Hadraoui, Hestaoui, Tsiptab
Arabie Saoudite	Khoulass, Khounneizi, Rouziez
Iran	Savir, Kabkab, Mouzâfti, Chahani, Mordasang
Pakistan	Jawan Sor, Berni, Karoch, Karba, Alini, Sabzo, Mazawali

Synthèse bibliographique

2.1. Classification des variétés de la datte

Selon **Ouda Ibrahim (2012)**, les variétés de la datte peuvent être classées suivant plusieurs critères tels que le taux d'humidité et la résistance à la pluie.

2.1.1. Selon le taux d'humidité

- **Variétés molles** : elles sont caractérisées par une teneur élevée en humidité, entre 25 à 35 % et une teneur dominante des sucres réducteurs (glucose et fructose), environ 95 à 98 % des sucres totaux : Khadraoui, Barhi, Zaghloul, Khounneizi, Ghars, litima, Bent Qbala, etc.

- **Variétés demi-molles** : la teneur en humidité dans ces dattes est comprise entre 15 à 25 % au stade Tamr, elles sont riches en sucres réducteurs et non réducteurs (saccharose) : Zahdi, Majhoul, Khalas, Deglet-Nour, etc.

- **Variétés sèches** : dans ces dattes, la teneur en humidité est inférieure à 15 %. Elles sont dures et sèches à la maturation ce qui facilite leur transport et stockage. Elles contiennent une teneur élevée en saccharose par rapport aux sucres réducteurs. Ces variétés arrivent au stade Tamr sans passer par le stade Rutab : Achrassi, Diri, Barkaoui, Degla-Beida, Mech-Degla.

2.1.2. Selon la résistance à la pluie

- **Variétés résistantes** : Diri, Khastaoui, thouri, Fard, Mech-Degla.

- **Variétés moyennement résistantes** : Zahdi, Khalas, Barhi, Hilali, Chichi.

- **Variétés sensibles** : Deglet-Nour, Hayani, Litima, Ghars, Khounneizi.

3. Stades de maturation de la datte

Selon **Al-Arem et al. (2011)**, la datte au cours de son développement, passe par des différents stades de la maturation traditionnellement décrits par le changement de la couleur, de la texture, du goût et de la saveur :

- **Stade Kimri** : la datte est immature avec une couleur verte, une texture dure et une teneur élevée en humidité et en tanins.

- **Stade Besser** : la datte devient parfaitement colorée en jaune ou en rouge. Elle commence à perdre l'humidité et forme une quantité considérable du saccharose.

Synthèse bibliographique

- **Stade *Rutab*** : dans ce stade de maturation, la perte d'humidité est accélérée, la datte devient molle et le saccharose se transforme en sucres invertis glucose et fructose. La datte présente sa parfaite tendreté et sa merveilleuse saveur.

- **Stade *Tamr*** : c'est le stade final de la maturation de la datte. Le fruit devient plus conservable avec une teneur minimale d'humidité et maintient sa tendreté et sa saveur agréable.

La dénomination des différents stades de maturation de la datte, diffère d'un pays à l'autre avec la dominance de la dénomination iraquienne dans la littérature scientifique. Le tableau suivant illustre les différentes dénominations utilisées dans les principaux pays producteurs de la datte.

Tableau 13: Dénomination des différents stades de maturation de la datte (Djerbi, 1994 ; Belguedj et Tirichine, 2011).

	Stades de maturation de la datte				
	I	II	III	IV	V
Iraq	<i>Hababouk</i>	<i>Kimri</i>	<i>Khallal</i>	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>
Algérie	<i>Loulou</i>	<i>Khlal</i>	<i>Bser</i>	<i>Martouba, Rutab</i>	<i>Tamar</i>
Libye	-	<i>Gamag</i>	<i>Bser</i>	<i>Rutab</i>	<i>Tamr</i>
Mauritanie	<i>Zeï</i>	<i>Tafejena</i>	<i>Engueï</i>	<i>Blah</i>	

4. Facteurs influençant la composition biochimique des dattes

La composition chimique des dattes évolue en fonction de plusieurs facteurs tels que : la variété, les pratiques agronomiques et la qualité du sol, ainsi que le stade de la maturation (Al-Arem *et al.*, 2011, 2012 ; Benchabane, 2007 ; Al-Farsi *et al.*, 2007; Haffar *et al.*, 2006 ; Ahmed *et al.*, 1995).

Chapitre 2 : Les arômes alimentaires

1. L'arôme des aliments

L'arôme est toute substance ou molécule ajoutée à des aliments pour leur offrir un goût et/ou une odeur, entre dans les catégories d'aromatisants, à l'exception des produits ayant spécifiquement un goût salé, acide ou sucré (**Blaquière *et al.*, 2006**). Selon **Richard et Multon (1999)**, l'arôme est l'ensemble des composés organiques volatils de faible masse moléculaire ($M < 400$ daltons) dont la tension de la vapeur est suffisamment élevée pour se présenter en partie à l'état gazeux et stimuler la muqueuse olfactive. Ces substances ne contribuent pas à la valeur nutritive des aliments. Elles sont quelquefois sensibles à la chaleur et à la lumière et nécessitent des fioles opaques pour les protéger de la détérioration en les mettant dans un endroit frais et sec.

L'arôme est lié aux sensations olfactives perçues par les voies rétronasales au moment de la mise en bouche, de la mastication ou l'ingestion d'un aliment. En outre, la flaveur d'un aliment est définie comme la sensation intégrée perçue par le nez (olfaction), les Bourgeons gustatifs et la cavité buccale (gustation) durant sa consommation (**Crouzet, 1998**). Ces produits chimiques de faible masse molaire se lient aux protéines des neurones récepteurs olfactifs (NRO) à la surface de l'épithélium olfactif. Excitation des NRO génère une carte topographique de l'information sensorielle dans le cerveau qui est une représentation des caractéristiques chimiques stimulantes du monde extérieur (**Acree et Arn, 2008**).

2. Composition chimique des arômes alimentaires

L'arôme de la majorité des aliments est un complexe d'un nombre intéressant de molécules chimiques : 360 molécules dans l'arôme de fraise, plus de 600 dans le café et 850 dans l'arôme du vin qui sont présents en quantité très limités de 10^{-6} g/kg à 10^{-3} g/kg. Pour certains produits, ces composés peuvent se présenter en nombre limité parmi lesquels l'un d'entre eux, représente la molécule d'impact qui est éventuellement dominante. C'est le cas de la frambinone (4-(4-hydroxyphényl)-butan-2-one) qui constitue l'arôme de framboise en plus de (Z)-hex-3-én-1-ol, la damascénone et les α - et β -ionones. En outre, l'arôme d'autres fruits comme la tomate dépourvu d'un composé aromatique d'impact et se compose d'hexanal, de (Z)-hex-3-én-1-ol, de (Z)-hex-3-énal, de (E)-hex-2-énal, d'eugénol, de salicylate de méthyle et de 2-isobutylthiazole (**Crouzet, 1998**).

Synthèse bibliographique

De plus, il existe quelques aliments dont leurs arômes sont dépendants au seul composé chimique tel que : l'acétate d'isoamyle (la banane), le citral (le citron), le disulfure de dipropényle (l'ail), le benzaldéhyde (l'amande) et (*E*), (*Z*)-nona-2,6-diéнал (le concombre) (Crouzet, 1998). Par ailleurs, le domaine des odeurs et des arômes est très complexe, la relation structure/odeur n'est pas généralement applicable pour la détermination des odeurs car les énantiomères des molécules volatiles présentent des odeurs différentes (Figure 1).

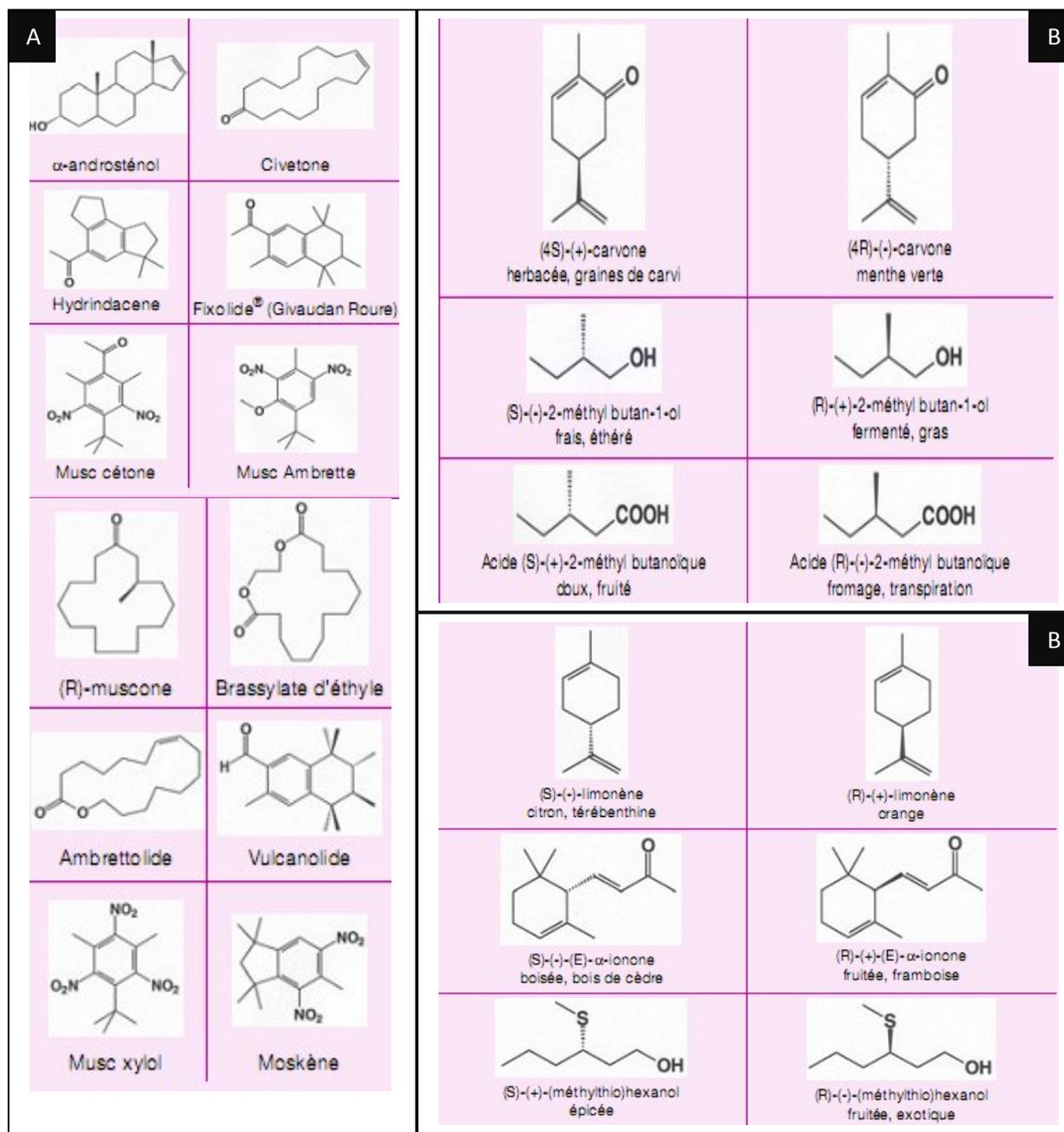


Figure 1 : Molécules chimiques à structures différentes et odeurs similaires (A) et des molécules à structures similaires et odeurs différentes (B)
 (Meierhenrich *et al.*, 2005 et Boelens *et al.*, 1993)

Synthèse bibliographique

Cependant, des molécules ont des structures similaires présentent des odeurs voisines et distinguables. Mais, dans d'autre cas, plusieurs structures différentes peuvent donner des odeurs similaires (musc) (**Meierhenrich *et al.*, 2005**).

3. Facteurs influençant la composition des arômes alimentaires

3.1. Maturation

La maturation est l'un des facteurs qui influence l'abondance des composés aromatiques dans le fruit (**Lester, 2006**). Ce dernier doit être récolté dans le stade de maturation qui présente la meilleure qualité organoleptique pour optimiser la teneur des composés volatils du fruit qui est souvent lié à la relation ferme entre la maturité et la biosynthèse des composés aromatiques (**Kader, 2004**). En général, dans la plupart des fruits, il est remarqué que le fruit immature recueilli présente une basse quantité des composés volatils et perd sa capacité de les produire durant le stockage et la conservation par rapport au fruit mature (**Manager *et al.*, 2004 ; Fellman *et al.*, 2003 ; Beaulieu, 2006 ; Obenland *et al.*, 2012**).

3.2. Facteur génétique

La composition aromatique des fruits est principalement influencée par l'information génétique portée par leurs génomes (ADN) qui diffèrent d'un fruit à l'autre et d'une variété à l'autre. Dans des fruits tels que le raisin, la pomme, la fraise par exemple, la composition et la concentration des composés volatils sont largement liées au facteur génétique. Il existe des variétés riches en alcools, carbonyles, monoterpène linalol et sesquiterpènes contrairement aux autres variétés présentant exclusivement des teneurs élevées en terpénoïdes, esters et aldéhydes (**Aharoni *et al.*, 2004 ; Hampel *et al.*, 2006 ; Wang *et al.*, 2007 ; Yang *et al.*, 2009, El Arem *et al.*, 2012**).

3.3. Traitement et conditions pré-récolte

Les conditions climatiques et les traitements pré-récolte tels que : l'ensoleillement, la fertilisation, utilisation des composés chimiques et la disponibilité de l'eau influencent le développement du fruit et ses caractéristiques organoleptiques, y compris son arôme (**El Hadi, 2013**). Une haute corrélation est trouvée entre la production d'éthylène, des aldéhydes et des alcools dans les pommes non traitées par aminoethoxyvinylglycine (AVG) par rapport à celles traitées de même molécule qui a des effets négatifs sur la production de quelques composés volatils (**Salas *et al.*, 2011**). Le potentiel d'arôme de raisin est plus élevé dans les vignes sous un léger déficit d'eau et supplémentation modérée d'azote. Le stress hydrique

sévère peut limiter le potentiel aromatique, tout comme la carence en azote (**Peyrot et al., 2005**).

3.4. Traitement et conditions post-récolte

La température du stockage et de la conservation est un facteur primordial influençant la qualité organoleptique des fruits. Le changement de la température au cours de la conservation influence la teneur en composés volatils de la mandarine (**Tietel et al., 2012**). La conservation de la pêche en atmosphère contrôlée (3% O₂ + 10 % CO₂) et à basse température (2 °C) préserve sa meilleure qualité aromatique par rapport à l'utilisation unique du froid (**Ortiz et al., 2009**). Les effets de différents enrobages comestibles sur la mangue ont montré que la cire "carnauba" de la mangue retardait efficacement la maturation des fruits, conservait la fermeté des fruits et améliorait les caractéristiques de la qualité des fruits, y compris les niveaux d'acides gras et d'arômes volatils (**Dang et al., 2008**). Le traitement au 1-méthylcyclopropène (1-MCP) du fruit de pêche "Tardibelle" a modifié l'apport d'alcool et de précurseurs de l'acyl-CoA, entraînant des changements significatifs dans l'émission de certains esters volatils (**Ortiz et al., 2010**). Des autres études ont montré l'effet de méthyl jasmonate (MJ) sur la biosynthèse des composés volatils dans la pomme et la fraise (**Kondo et Mattheis, 2006 ; De la Peña Moreno et al., 2010**).

4. Familles chimiques des composés aromatiques des aliments

Les composés d'arôme identifiés dans les produits alimentaires appartiennent à toutes les familles chimiques. Ils sont dérivés d'un ensemble de composés y compris des phytonutriments tels que les acides gras, les acides aminés, les caroténoïdes, les phénols, terpénoïdes (**Goff et Klee, 2006**), les composés soufrés, les esters et les composés carbonylés (**Crouzet, 1998**). Ces classes chimiques peuvent comprendre un nombre énorme des molécules volatils qui a atteint les 7100 composés en 1999 (Tableau 14). Ce chiffre est toujours en progression en fonction des études réalisées et du développement des techniques d'extraction et d'analyse. **Crouzet (1998)** a décrit les familles chimiques présentées ci-après.

4.1. Composés terpéniques

Ces composés sont présents dans les huiles essentielles, les épices, les aromates et le profil volatil des fruits. Ils appartiennent aux différentes classes chimiques ; cétones (menthone, carvone, nootkatone), alcools (nérolidol, géraniol, linalol, menthol), aldéhydes (géraniol, néral), hydrocarbures (limonène, myrcène).

Synthèse bibliographique

Tableau 14: Effectif des molécules aromatiques identifiées pour chaque famille chimique (Rijkens et Boelens, 1975, Boelens *et al.*, 1994, Nijssen *et al.*, 1999)

Composé aromatique	Nombre
hydrocarbures aliphatiques et aromatiques	170
Hydrocarbures isoprénoïdes	130
Isoprénoïdes fonctionnalisés	170
Alcools et phénols	190
Acétals et éthers	140
Composés carbonylés	310
Acides	230
esters	450
lactones	90
Furanes et pyranes	110
Composés azotés	290
Thiazoles et oxazoles	60
Composés soufrés	220
Total en 1975	2540
Total en 1994	6300
Total en 1999	7100

4.2. Composés soufrés

Ils renferment des sulfures, des disulfures ou trisulfures, thiols, des composés hétérocycliques et ils peuvent composer 10 % des molécules volatiles des aliments.

4.3. Esters

Ce sont connus par leur arôme fruitier, on cite les γ -lactones responsable des odeurs de pêche et d'abricot, les autres lactones qui sont l'origine des odeurs de certains produits fermentés (whisky, vin), produits laitiers.

4.4. Phénols

Ils sont présents dans divers produits ; fruit (frambinone, élémicine, 4-éthylphénol), café, cacao, thé, malte (4-éthylgaïacol, salicylate de méthyl, acétovanillone, 4-vinylgaïacol), produits fumés (gaïacol, phénols, pyrocatechol), boissons fermentées (4-éthylphénol, 4-vinylphénols, 4-éthylgaïacol, 4-vinylgaïacol), épices et aromate, vanille (vanilline), thym (thymol, carvacrol), le clou de girofle (eugénol).

4.5. Composé carbonylés

Il existe parmi lesquels le benzaldéhyde qui est responsable d'odeur caractéristique d'amande amère, les 2 heptanone et 2- nonanone qui donnent l'odeur du fromage à pâte persillée.

5. Caractéristiques des composés aromatiques

Les composés aromatiques des aliments se trouvent en quantité très limitée de l'ordre du ppm (mg/kg) ou du ppb ($\mu\text{g}/\text{kg}$) avec solubilité, polarité, volatilité et stabilité très variables (**Fernandez et Cabrol-Bass, 2007**). Les molécules d'arôme sont généralement sensibles et thermolabiles.

5.1. Solubilité et polarité des composés d'arôme

Les composés d'arôme des aliments sont des molécules partiellement ou totalement hydrophobes ce qui nécessite au cours d'extraction ou d'analyse l'utilisation des solvants organiques polaires comme l'éther, ou apolaires comme l'hexane, le pentane ou l'isopentane ou de polarité intermédiaire tel que le mélange éther-pentane ou le dichlorométhane, selon la nature et la polarité des molécules aromatiques. Des composés hydrophobes comme les lipides et les pigments peuvent compliquer l'extraction des arômes et polluer la colonne de l'instrument d'analyse, ceci exige une extraction préalable en réalisant une distillation ou l'entraînement à la vapeur d'eau ou sous vide (**Crouzet, 1998**).

5.2. Volatilité et entraîabilité des arômes

Les molécules d'arôme d'un produit alimentaire sont volatiles et entraîables par la vapeur de l'eau. Selon **Crouzet, 1998**, si on évapore 10 % de l'eau du jus de pomme, on entraîne 90 % des composés d'arôme de ce produit car la volatilité de ces molécules favorise leur entraîabilité et la quantité d'arôme retenue est exprimée par l'équation Rayleigh :

$$R_i = W_{it} / W_{io}$$

R_i : rétention du composé i

W_{io} : quantité initiale

W_{it} : quantité qui reste après l'évaporation de l'eau

5.3. Thermolabilité des composés d'arôme

Les arômes des aliments sont des molécules thermolabiles. Il est important, durant leur extraction, de respecter le compromis entre le taux de récupération et la stabilité des molécules. Pour se faire, l'utilisation d'extracteur sous pression réduite est une pratique très

Synthèse bibliographique

fréquente pour éviter la dégradation thermique des composés d'arôme et les maintenir à l'état initial en récupérant un extrait d'arôme identique à l'arôme original du produit (Crouzet, 1998).

5.4. Perception et détection des molécules aromatiques

La perception d'arôme et du goût peut être la plus multi-sensorielle de nos expériences quotidiennes. Les dernières recherches des psychologues et des neuroscientifiques cognitifs révèlent de plus en plus les interactions multi-sensorielles complexes qui donnent naissance aux expériences de saveur que nous connaissons et aimons tous démontrant comment elles reposent sur l'intégration des signaux de tous les sens humains (Spence, 2015). Chimiquement, la contribution des composés volatils dans l'arôme du produit alimentaire dépend essentiellement de leurs concentrations et leurs caractéristiques organoleptiques. Néanmoins, Il faut noter qu'il existe des molécules qui se trouvent dans la matrice alimentaire à des concentrations minables mais ils se présentent bien dans l'arôme du produit ce que l'on appelle les molécules d'impact aromatique. Selon Crouzet (1998), le seuil de perception d'une molécule est la plus petite concentration que le nez humain est capable de détecter à partir d'un milieu donné. Le tableau suivant présente ce seuil pour quelques composés d'arôme :

Tableau 15 : Seuil de détection dans l'eau à 20 °C de quelques composés d'arôme (Belitz *et al.*, 2009).

Composé	Seuil de détection (mg/l)
Et hanol	100
Maltol	9
Furfural	3
Hexanol	2.5
Benzaldehyde	0.35
Vanillin	0.02
Raspberry ketone	0.01
Limonene	0.01
Linalool	6×10 ⁻³
Hexanal	45×10 ⁻⁴
2-Phenylethanal	4×10 ⁻³
Methylpropanal	1×10 ⁻³
Ethylbutyrate	1×10 ⁻³
(+)-Nootkatone	1×10 ⁻³
(-)-Nootkatone	1.0
Filbertone	5×10 ⁻⁵
Methylthiol	2×10 ⁻⁵
2-Isobutyl -3-methoxypyrazine	2×10 ⁻⁶
1-p-Menthene-8-thiol	2×10 ⁻⁸

6. Formation des composés aromatiques

Les molécules d'arôme d'un produit alimentaire sont constituées par quatre principales voies : enzymatique directe et indirecte (oxydation), biosynthèse et la voie pyrolytique (**Sanderson et Graham, 1973**). La maturation des fruits ou les processus de broyage ou d'hachage de certains végétaux désorganisent leurs structures initiales et favorisent le contact entre les enzymes et leurs précurseurs en donnant l'apparition de leurs arômes.

La biosynthèse des arômes primaires dépend aux facteurs externes tels que : la disponibilité de l'eau, le sol, la nutrition du végétal et le climat. Il existe d'autres composés aromatiques qui sont formés à partir des précurseurs non volatils comme les protéines, les sucres, les vitamines, les lipides au cours d'une torréfaction, cuisson, séchage, pasteurisation, stérilisation (**Crouzet, 1998**).

Pour illustrer les différentes voies de formation des composés d'arôme, on cite quelques exemples (Figures 2 et 3) :

- les esters sont formés généralement par une intervention enzymatique à partir des acyl CoA et des alcools.
- les méthylcétones (arôme du fromage à pâte persillée, banane, abricot, mangue) sont produits par β -oxydation des acides gras, suivie d'une décarboxylation.
- l'odeur spécifique de l'oignon, d'ail, poireau est produite par alliinase ou C-S lyases à partir des composés soufrés en formant l'acide sulfénique (oignon et poireau) et thiosulfinate (ail).
- les dérivés de β -cyclocitral et de cyclohexane sont dus à la dégradation thermique de β -carotène.
- les composés du furfural, acétylfurane, acide furoïque sont produits après la dégradation thermique de l'acide ascorbique (**Crouzet, 1998**).

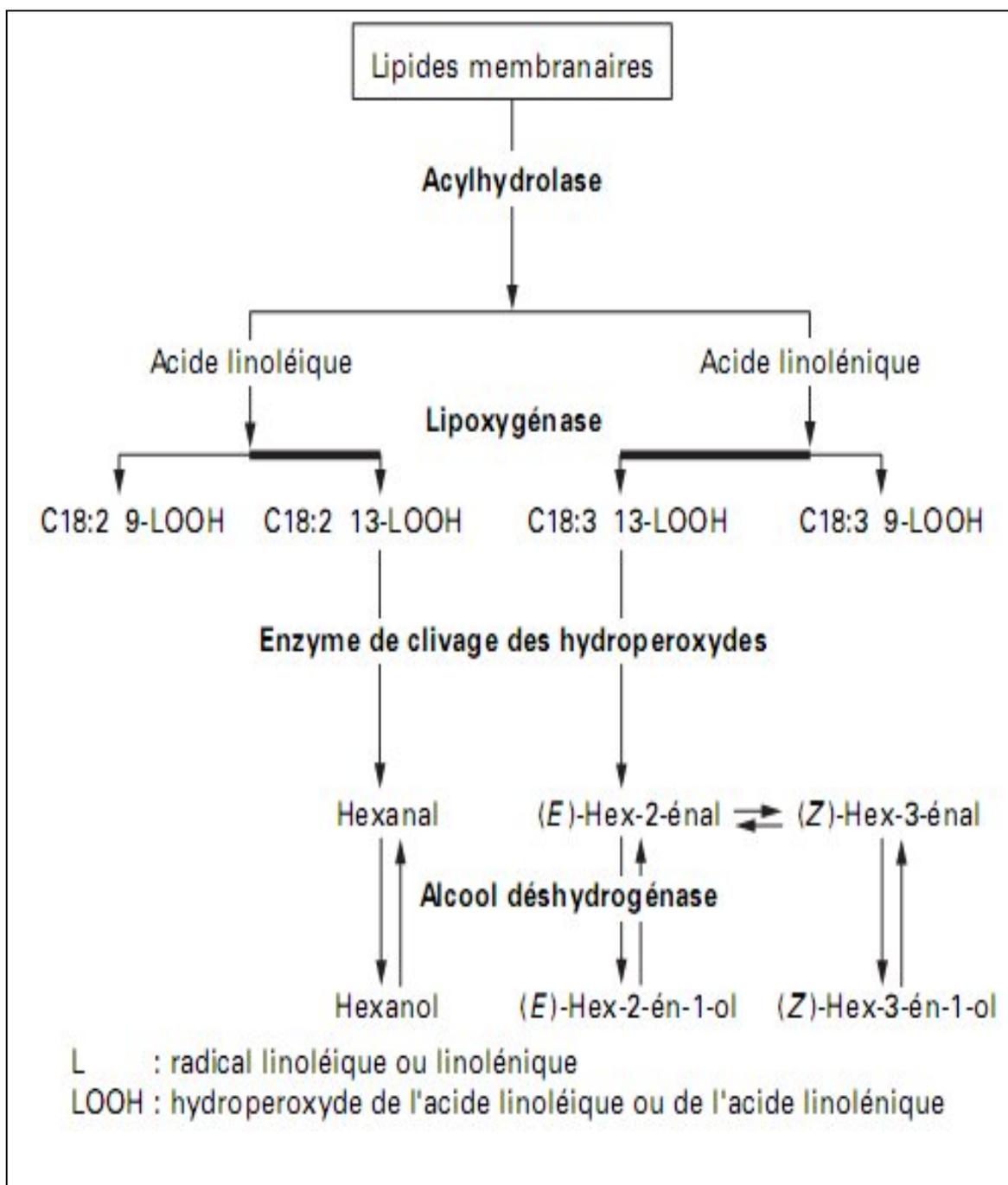


Figure 2: Voies de formation des aldéhydes et des alcools dans le raisin (Crouzet, 1998).

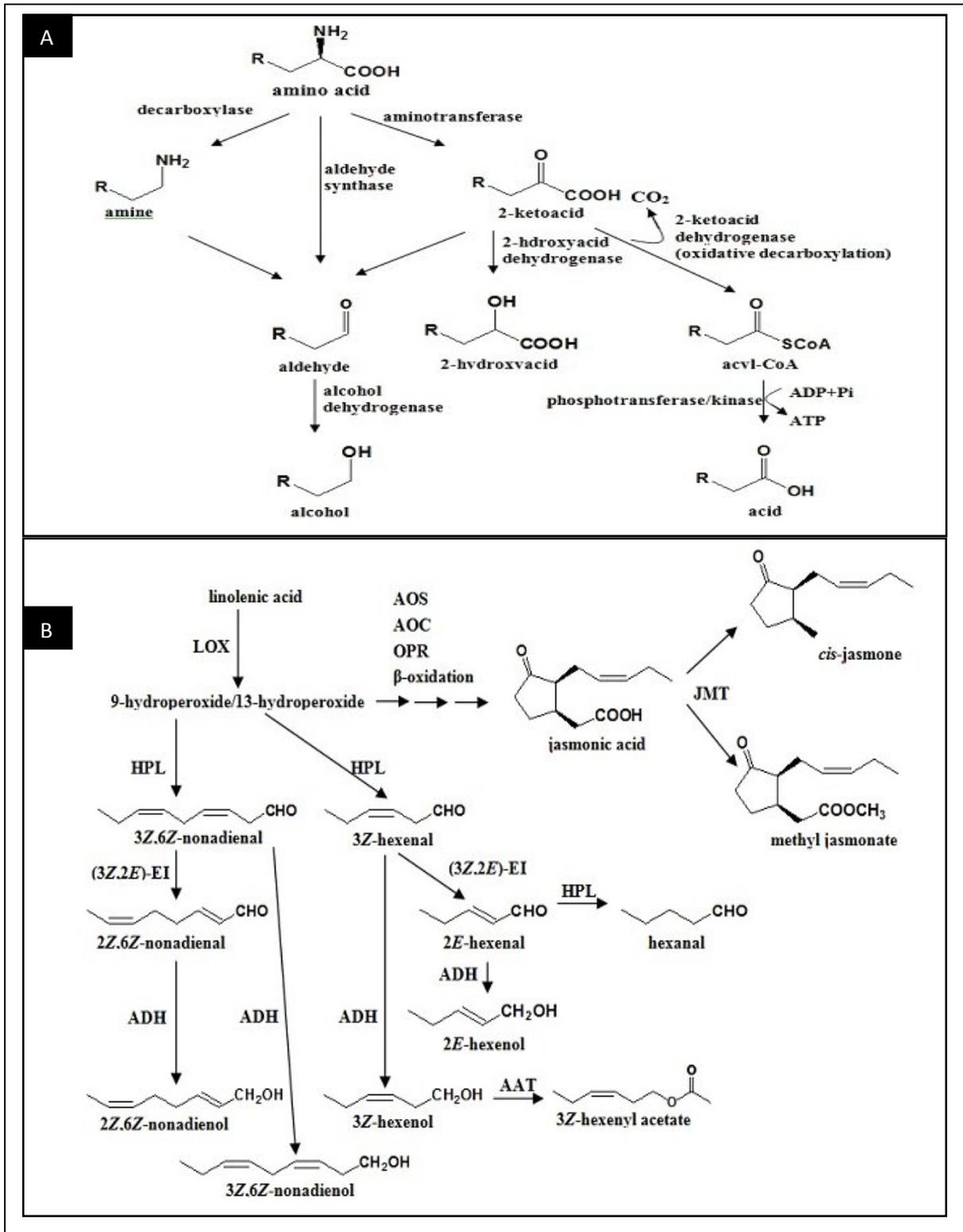


Figure 3 : Dégradation des acides aminés en composés volatils (A) et les composés d’arôme dérivés d’acide linoléique (B)(*El Hadi et al., 2013*). AAT : alcool acyl CoA transférase ; ADH : alcool déshydrogénase ; AER : alkenal oxidoreductase ; AOC : allène oxide cyclase ; AOS : allène oxide synthase ; HPL : hydroperoxide lyase ; JMT : jasmonate méthyltransférase ; LOX : lipoxygénase ; OPR : 12-oxo-phytydionique acid réductase .

7. Champs d'application des arômes alimentaires

L'addition des arômes alimentaires au produit a pour but de satisfaire les besoins des consommateurs de différentes tranches d'âge, d'habitudes alimentaires et de préférences. La correction du profil aromatique après une opération de concentration dans laquelle une partie importante des composés d'arôme est entraînée par la vapeur d'eau. C'est le cas des concentrés de fruits où on a besoin d'ajouter de jus frais, de réincorporer des arômes récupérés du processus ou d'additionner des arômes naturels ou synthétiques, pour combler la perte due aux différents procédés de fabrication des produits alimentaires. L'aromatisation des produits initialement neutres pour les rendre plus acceptables est une autre application des arômes alimentaires. Parmi ces produits on peut citer les boissons à base d'eau sucrées ou sans sucre comme les boissons carbonatées, les limonades et les eaux aromatisées. L'utilisation des arômes ne s'arrête pas à ce stade mais ils peuvent être additionnés pour dissimuler des saveurs désagréables de certains produits comme la farine, les concentrés de protéine fabriqués à base de soja qui émettent une odeur de fève due à la présence de pyrazines et diminuent l'acceptabilité de ces produits (Crouzet, 1998).

8. Caractérisation des arômes alimentaires

L'acceptabilité des produits alimentaires est principalement conditionnée par leurs arômes parce qu'on ne peut pas manger un aliment qui présente une mauvaise saveur malgré sa richesse en nutriments. Il est nécessaire donc de connaître les molécules chimiques qui sont l'origine des différents arômes des produits alimentaires.

8.1. Extraction des composés volatils

L'extraction des composés d'arôme est une opération incontournable pour l'analyse des arômes et délicate au regard de leurs propriétés. Elle peut être réalisée par plusieurs méthodes. Dans cette partie, on présente les principales techniques.

8.1.1. Extraction par solvant

C'est la technique la plus connue et la plus utilisée pour des matrices alimentaires qui renferment peu de lipides et dans laquelle un solvant approprié est utilisé pour extraire la fraction volatile après le mélange et l'agitation de l'échantillon solide ou liquide avec le solvant. Cette étape est suivie par une séparation et une récupération du solvant. Le solvant doit avoir un faible point d'ébullition pour faciliter sa séparation et un grand pouvoir d'extraction des molécules polaires et apolaires ou être totalement sélectif. La polarité des

Synthèse bibliographique

composés, leurs températures d'ébullition, la miscibilité avec d'autres solvants sont des conditions de grande considération lors du choix du solvant (**Fernandez et Cabrol-Bass, 2007**). La concentration d'extrait est une étape essentielle parce que l'élimination très vite ou plus forte du solvant mène à la perte d'une partie importante des composés aromatiques. Cette technique présente des avantages tels que :

- la limitation de formation des sous-produits en travaillant sans d'addition de l'eau et à température ambiante.
- l'obtention d'une grande quantité d'extrait et par conséquent faciliter l'isolement de certains composés.

Mais, elle a pas mal d'inconvénients comme :

- elle nécessite une grande quantité d'échantillon.
- le risque de perte des composés d'arôme lors d'évaporation du solvant.
- la production des émulsions au cours d'extraction ce qui complique l'opération.
- l'utilisation des solvants qui peuvent être polluants à l'environnement, toxiques ou bien inflammables (**Fernandez et Cabrol-Bass, 2007**).

8.1.2. Technique d'évaporation des arômes assistée par solvant (SAFE)

La technique dite SAFE (Solvent Assisted Flavour Evaporation), est une méthode très populaire pour minimiser les inconvénients d'extraction par les solvants organiques (Figure 4). Elle peut être utilisée pour des aliments liquides tels que le lait, le jus de fruits, ou des matrices à teneur élevée en huile. La fraction aromatique est extraite par l'application d'un chauffage modéré sous vide 5×10^{-3} Pa et récupérée dans des flacons refroidis par l'azote liquide ce qui donne un extrait exempt des composés non volatils (masse molaire élevée) et représentatif à la matrice originale (**Engel et al., 1999**). Toutefois, cette technique est difficile à mettre en œuvre et donne des extraits non représentatifs dans le cas des matrices très riches en lipides (**DA Costa et Eri, 2005**).

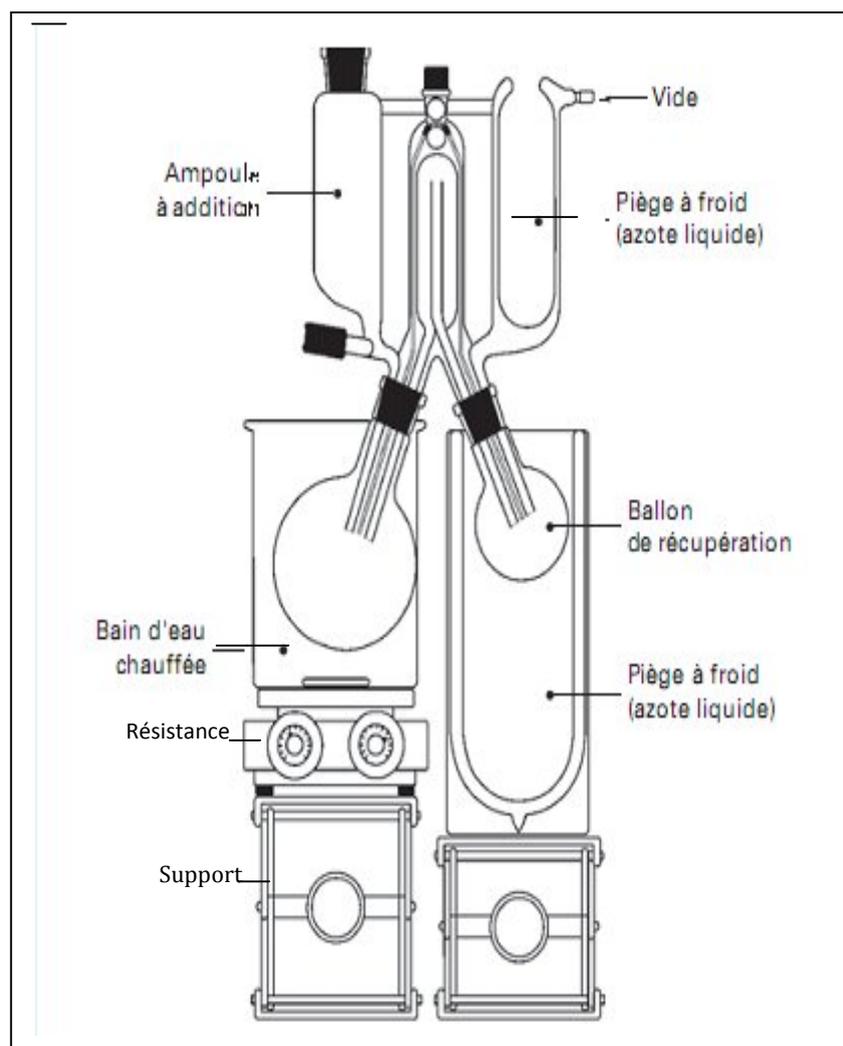


Figure 4 : Montage de la technique Solvant Assisted Flavour Evaporation (SAFE).
Température de bain d'eau est 30°C, température de piégeage est - 196°C (Engel *et al.*, 1999)

8.1.3. Hydrodistillation

Cette technique est généralement utilisée pour les plantes aromatiques et les épices dont les composés aromatiques se trouvent en concentrations élevées. L'échantillon est dispersé dans l'eau qui est contenu dans un ballon chauffé directement ou indirectement (à la vapeur d'eau). Les composés volatils sont entraînés par la vapeur d'eau et condensés par la suite, formant un surnageant appelé huile essentielle (Baranska *et al.*, 2005 ; Letchamo *et al.*, 2004). Dans les aliments, les arômes se trouvent en petites teneurs ce qui empêche l'apparition du surnageant et complique la séparation, dans ce cas, une extraction liquide-liquide est essentielle pour extraire l'eau de la fraction volatile. Cette technique est facile et exempte de risque de toxicité, elle permet l'extraction uniquement des composés volatils. Néanmoins, elle peut dégrader certaines molécules thermosensibles ou hydrolyser,

décarboxyler, réarranger certaines d'autres sous l'influence d'acidité des aliments (**Fernandez et Cabrol-Bass, 2007**)

8.1.4. Hydrodistillation-extraction simultanée (SDE)

C'est la méthode de Likens-Nickerson qui combine l'hydrodistillation et l'extraction par solvant non miscible à l'eau permettant d'éviter les composés non volatils et d'extraire les composés organiques (**Pollien et al., 1998**). Le principe de cette méthode réside dans l'évaporation séparée de l'eau et du solvant qui se dirigent vers un extracteur central où se font la condensation et la décantation vers la partie inférieure (Figure 5). Les liquides ensuite font retour aux ballons respectivement. Cette technique minimise la consommation du solvant et assure une préconcentration de l'extrait par le principe de recyclage. Toutefois, l'entraînement à la vapeur peut former des artefacts dus au chauffage en milieu aqueux. Au regard des avantages de cette méthode, elle est beaucoup utilisée pour extraire les arômes des matrices animales et végétales (**Chaintreau A., 2001 ; Kesen et al., 2013, Valette et al., 2003 ; Cai et al., 2001**).

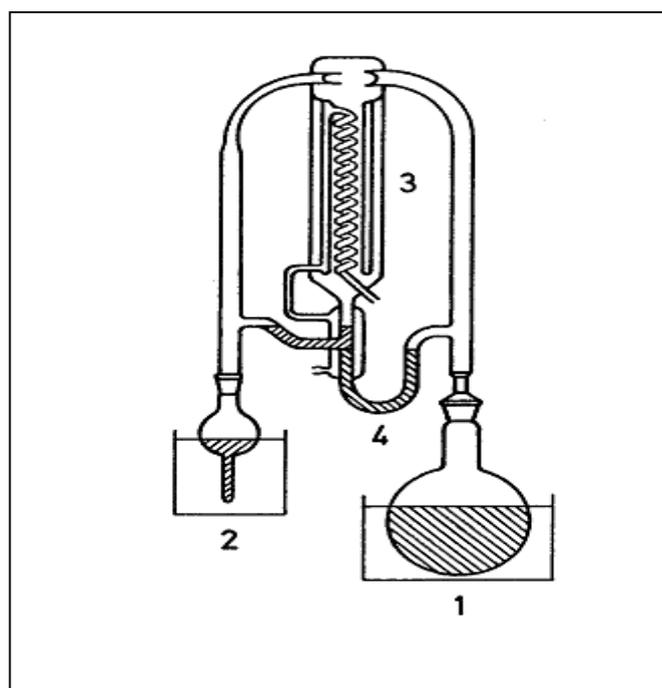


Figure 5 : Montage de Likens-Nickerson (**Belitz et al. 2009**) 1 : flacon de l'échantillon aqueux avec son bain, 2 : flacon du solvant avec son bain, 3 : condenseur , 4 : décanteur séparateur.

8.1.5. Espace de tête

L'espace de tête ou headspace, est une technique très intéressante, moins coûteuse, sans risque de toxicité et d'artefact de dégradation. Le principe de cette technique est très simple et repose sur l'équilibre entre la phase gazeuse d'un flacon hermétiquement clos par un septum en PTFE/silicone et la phase d'échantillon liquide ou solide contenue dans ce flacon. Après l'équilibre, la phase gazeuse est partiellement prélevée pour l'analyser. Cette technique est économique, elle nécessite uniquement une quantité d'échantillon de 0,5 à 10 g et un flacon de 2 à 20 ml. Parfois, un léger chauffage est jugé nécessaire lorsqu'on a une matrice peu odorante pour aboutir à l'équilibre rapidement (**Pillonel *et al.*, 2002**). Néanmoins, la concentration des composés volatils dans l'espace de tête ne correspond pas à leur concentration dans la matrice originale (**Matich, 1999**).

8.1.6. Micro-extraction en phase solide (SPME)

Cette technique se base sur l'adsorption des composés chimiques sur un polymère de faible épaisseur. Actuellement, elle est devenue la méthode la plus utilisée pour l'analyse des arômes (Figure 6) (**Jelen *et al.*, 2012**). Une fibre de silice de 1 à 2 cm recouverte d'un polymère d'adsorption (Tableau 16), est utilisée pour l'extraction des composés volatils. Elle est maintenue dans une aiguille qui facilite la pénétration du septum du flacon pour atteindre l'espace de tête du flacon (2 à 40 ml) et sort pour faciliter l'adsorption des molécules organiques (Figure 7). Après l'extraction, la fibre est retirée dans l'aiguille de protection et désorbée directement dans l'injecteur de la chromatographie en phase gazeuse ou l'interface la chromatographie en phase liquide de haute performance (HPLC) (**Penton, 1997**).

Par ailleurs, la microextraction en phase solide est une technique simple, efficace, moins coûteuse et plus pratique pour la comparaison de la composition aromatique des viandes, des fruits et légumes, des huiles végétales, des produits laitiers, des produits de la mer (**Estevez *et al.*, 2003 ; Schmitt *et al.*, 2005 ; Guillot *et al.*, 2006, Sánchez *et al.*, 2013, Kanavouras *et al.*, 2004 ; Lubbers *et al.*, 2004 ; Triqui et Bouchriti, 2003**). Cependant, cette technique nécessite le bon choix de la fibre d'extraction, la détermination du temps et de la température d'échantillonnage.

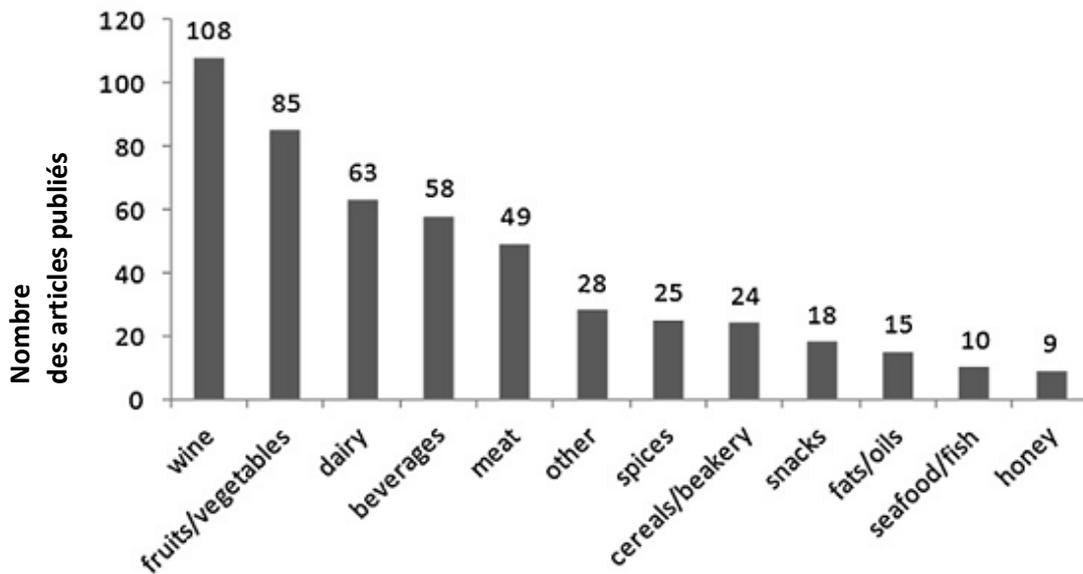


Figure 6 : Application de SPME sur les différentes matrices alimentaires, le nombre de publications est obtenu de web of science entre les années 2006-2011 (**Jelen et al., 2012**)

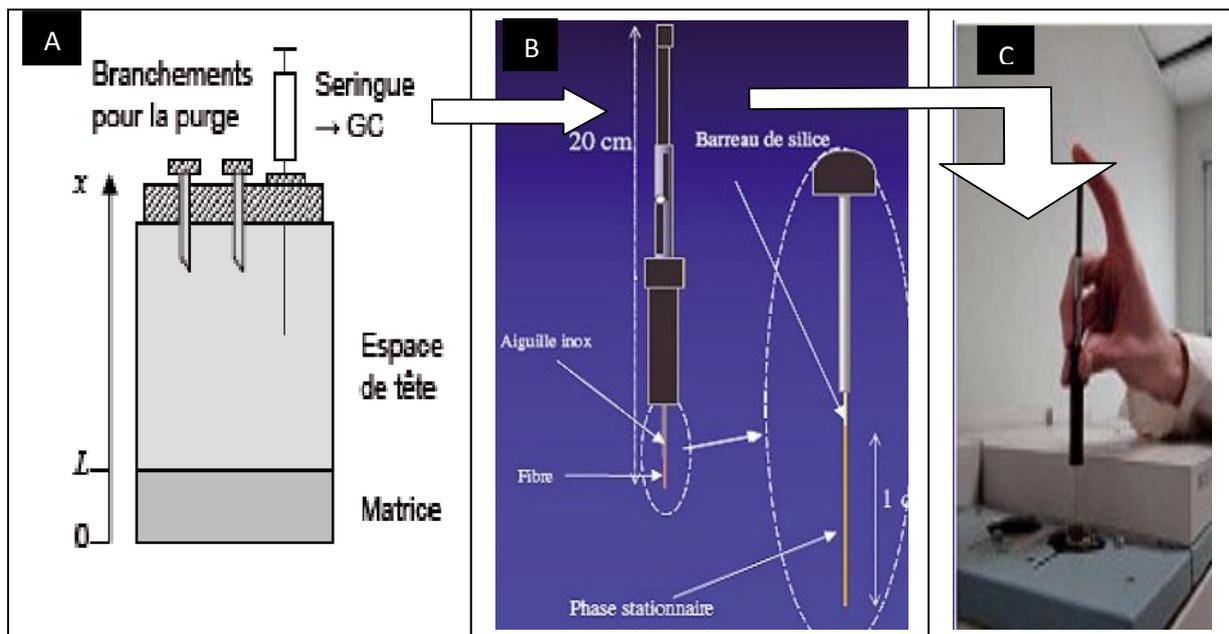


Figure 7 : Principe d'extraction par la technique micro-extraction en phase solide (SPME).

A : Montage d'équipements SPME, B : Aiguille et fibre d'adsorption de la technique SPME.

C : injection et désorption des molécules volatiles (**Papet et al., 2010**)

Synthèse bibliographique

Tableau 16 : Fibres de SPME disponible pour l'analyse des arômes (**Fernandez et Cabrol-Bass, 2007**).

Fibres	Polarité	T° max (°C)	Composés extraits
Polydiméthylsiloxane (PDMS), 100 et 30 µm	Apolaire	280	Composés volatils
Polydiméthylsiloxane (PDMS), 100 et 30 µm	Apolaire	340	Composés semi-volatils et non volatils apolaires
Polydiméthylsiloxane/divinylbenzène (PDMS/DVB)	Bipolaire	270	Composés volatils polaires
Polyacrylate (PA)	Polaire	320	Composés semi-volatils polaires
Carboxen/divinylbenzène (CAR/PDMS)	Bipolaire	320	Composés gazeux et très volatils
Carbowax/divinylbenzène (CW/DVB)	Polaire	260	Composés polaires
Divinylbenzène/Carboxen/polydiméthylsiloxane (DVB/CAR/PDMS)	Bipolaire	270	Composés volatils et semi-volatils

8.2. Analyse des composés volatils

Après l'extraction de la fraction volatile du produit alimentaire, l'analyse des composés constitutifs de son profil aromatique est devenue faisable, elle permet d'identifier et de quantifier ses molécules. Plusieurs techniques analytiques ont été développées et utilisées pour cette raison.

8.2.1. Chromatographie en phase gazeuse (GC)

Cette technique est basée sur la migration différentielle des composés d'un mélange sous l'effet d'un gaz vecteur (H₂, N₂ ou He) à travers une colonne tubulaire dont la surface interne est recouverte d'une phase stationnaire greffée de faible épaisseur. Les composés injectés à haute température (200 à 250 C°) se répartissent entre la phase stationnaire et la phase gazeuse (mobile) selon les conditions physicochimiques d'adsorption (gaz-solide) et sortent à des temps différents (temps de rétention) (**Fernandez et Cabrol-Bass, 2007**). La chromatographie en phase gazeuse permet d'analyser des mélanges très complexes de volatilité et de nature très diverses (**Arpino et al., 1995**). De ce fait, elle est la méthode de référence pour l'analyse des arômes (**Lehotay et Hajslova, 2002**).

8.2.2. Chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (GC/MS)

Le couplage de la chromatographie en phase gazeuse à la spectroscopie de masse est très généralisé dans les laboratoires d'analyse des arômes en raison de la disponibilité des banques de données des spectre de masse ainsi que des logiciels pour la comparaison des spectre , ce qui facilite l'identification des composés. Le progrès de traitement du signal et la simplicité du couplage des deux techniques, sont des raisons de plus pour la popularité du couplage. La chromatographie en phase gazeuse sur colonne capillaire est plus pratique pour introduire l'échantillon dans le spectromètre de masse. Ainsi, la colonne capillaire est directement couplée à la source d'ions permettant l'ionisation en impact électronique (Fernandez et Cabrol-Bass, 2007).

MATÉRIEL
ET
MÉTHODES

Matériel et méthodes

1. Choix et collecte des échantillons

Cette étude a été réalisée dans l'objectif de valoriser des variétés ayant de bonnes saveurs et propriétés organoleptiques, mais de faible valeur marchande résultant, d'une part, de la perte relative de leur qualité gustative au cours de l'entreposage, et d'autre part, la méconnaissance des consommateurs en dehors des régions de production.

Les variétés doivent présenter, à l'état frais, une saveur prononcée indiquant un potentiel aromatique intéressant à étudier. Le choix des variétés, suivant les critères sus-cités, au nombre de huit (Tableau 17 et Figure 8) a été réalisé avec l'assistance de l'institut technique de développement de l'agronomie saharienne (ITDAS).

L'échantillonnage a été réalisé durant la saison de récolte 2013 au mois d'octobre, dans trois régions différentes Biskra, El-Oued et Ghardaïa (Figure 9) qui sont les zones productives de Sud-Est de l'Algérie. Les localisations et les caractéristiques climatiques des zones de collection sont présentés dans le tableau 17. Nous avons collecté nos échantillons de trois palmeraies qui ont été subdivisées en 10 parcelles. Dans chaque parcelle, la récolte est réalisée sur quatre à cinq palmiers homogènes selon la méthode de **Girard (1965)** décrite par **Açourene et Tama (1997)**. La récolte a conduit à l'obtention d'un rendement environ de 200 kg/parcelle. Pour chaque variété retenue, une quantité de 10 kg de datte mature a été prélevée au hasard de plusieurs régimes de diverses orientations et hauteurs (40 à 60 fruits par régime). La maturité de la datte est empiriquement déterminée en se basant sur les caractéristiques suivantes : la taille et la forme de la datte, la couleur de l'épicarpe, la couleur de la pulpe et la consistance de la datte.

Tableau 17: Zones de production et de collections des dattes de l'étude

Variétés	Zones de collection	Localisation	^a Caractéristiques géo-climatiques
Ghars, Litima, Houbales, Hamraia	Ouled djellal (Zibans), Wilaya de Biskra	100 km au Sud-Ouest de Biskra 34° 25' 44" Nord, 5° 03' 51" Est	Climat type BWh (Köppen-Geiger), T° = 20,4 °C, p=132 mm
Timjouhart, Bent Qbala	El Guerrara (Oued Mzab), Wilaya de Ghardaïa	125 km au Nord-Est de Ghardaïa 32° 47' 25" Nord, 4° 29' 32" Est	Climat type BWh (Köppen-Geiger) T°= 21,2°C, p= 67 mm
Timicine, Tantbouchet.	El Meghaier (Oued Righ), Wilaya d'El-Oued	158 km au Nord-Ouest d'El-Oued 33° 57' 02" Nord, 5° 55' 27" Est	Climat type BWh (Köppen-Geiger) T° =22°C, p= 88 mm

a: données obtenues de climat-data.org, T° : température moyenne annuelle, P : précipitations annuelles.

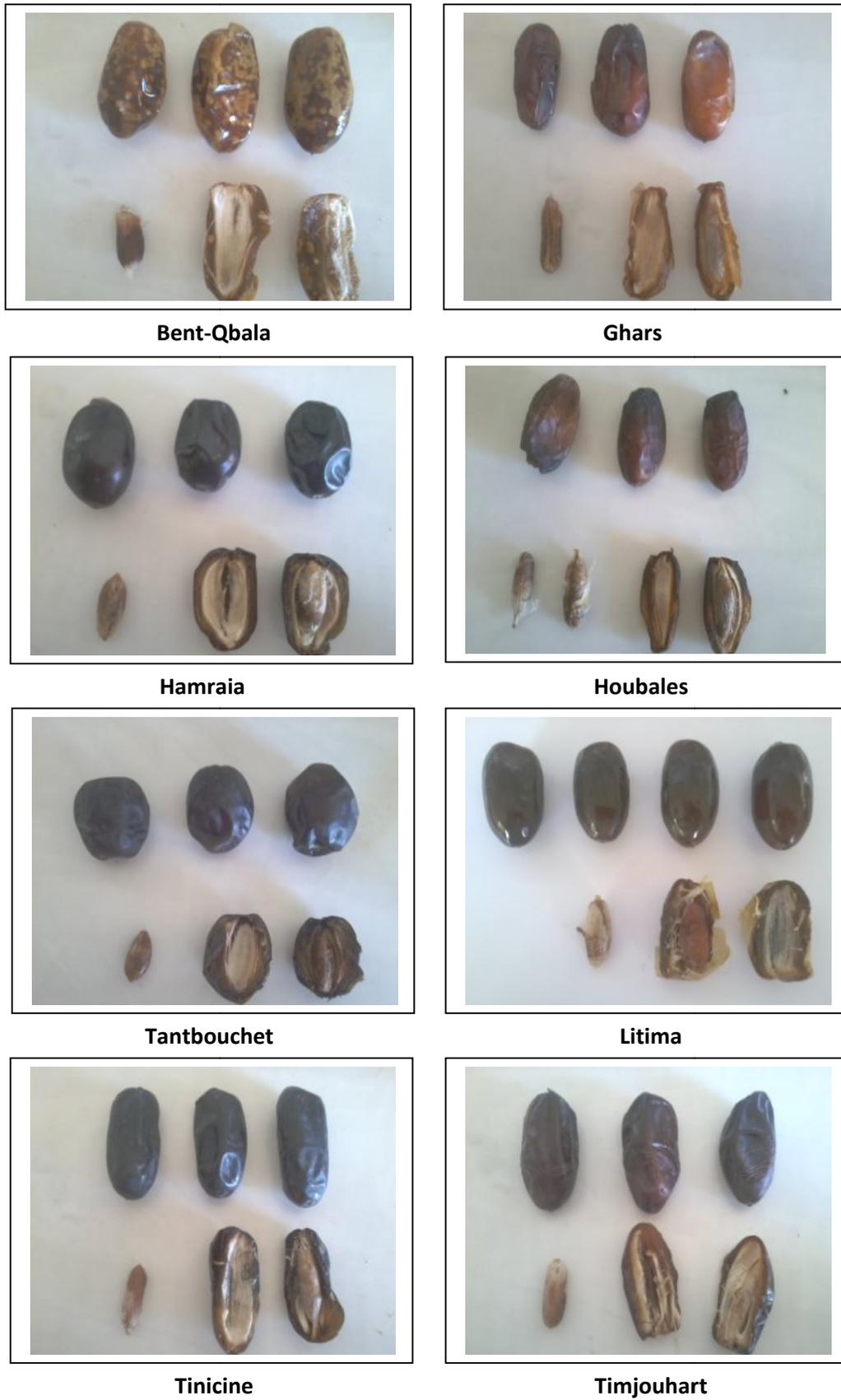


Figure 8 : Photos des huit variétés étudiées de datte algérienne

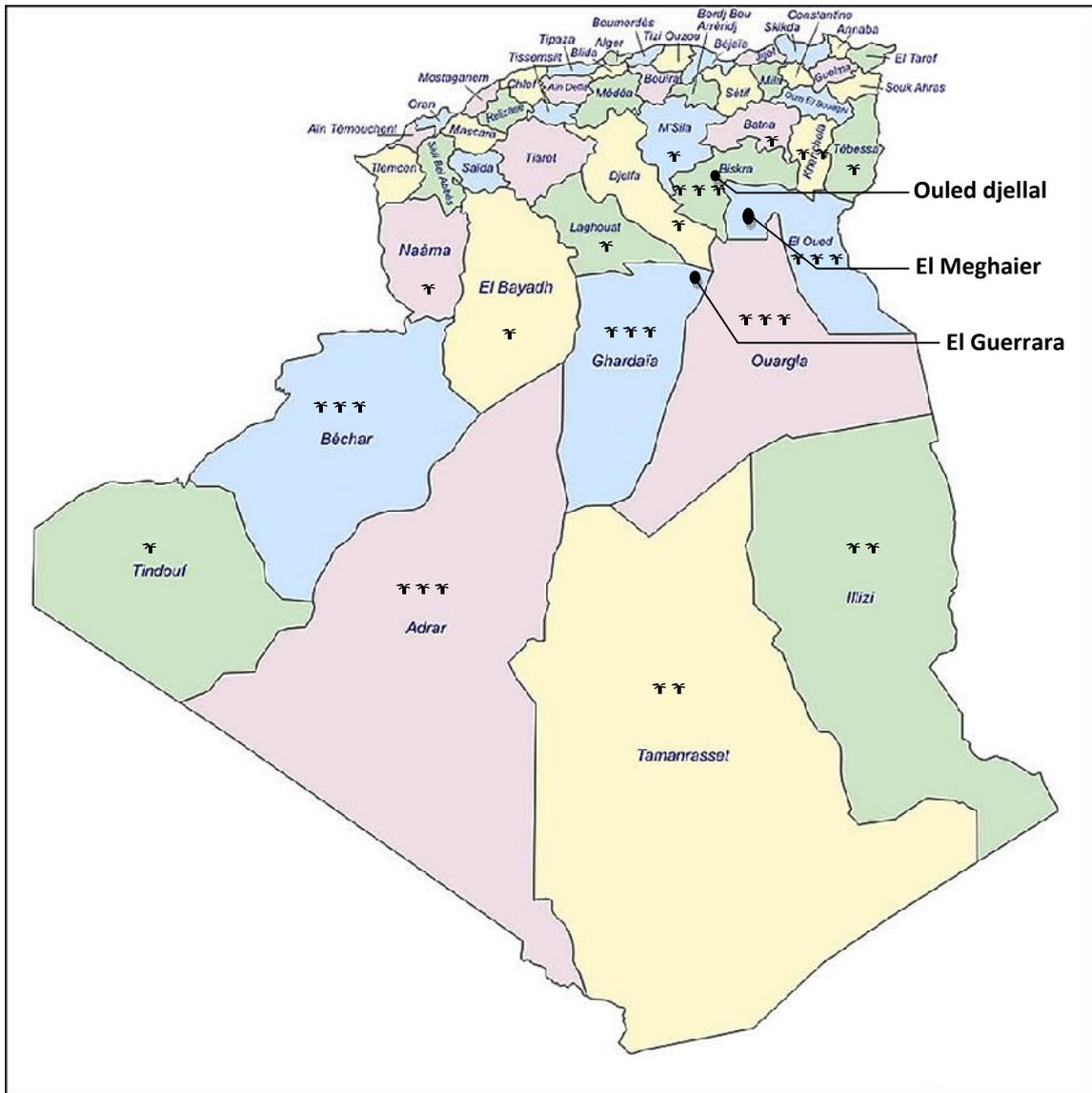


Figure 9 : Site des palmeraies de collection des échantillons de datte de faible valeur marchande et les zones de production de datte : ♣ < 10^5 palmiers dattiers, $10^5 < \clubsuit \clubsuit < 10^6$ palmiers dattiers, $\clubsuit \clubsuit \clubsuit \geq 10^6$ palmiers dattiers. Classification faite sur la base des statistiques des palmiers dattiers données par **Blama (2014)**

2. Description des échantillons

Toutes les variétés de dattes utilisées dans cette étude présentent des couleurs, des formes et des épicarpes différents au dernier stade de maturation (*Tamr*). Cependant, elles ont une consistance et une texture similaires. Les caractéristiques morphologiques de ces dattes sont décrites dans le tableau suivant :

Tableau 18: Caractéristiques morphologiques des variétés de dattes étudiées

Caractéristiques des variétés	Couleur	Forme	Consistance	Epicarpe	Texture
Ghars	brun foncé	allongée	molle	cloqué	fibreuse
Litima	mielleuse marronâtre	ovoïde allongée	molle	lisse et vitreux brillant	fibreuse
Houbales	marron	ovoïde allongée légèrement rétrécie à son extrémité	demi molle	ridé et peu brillant	fibreuse
Hamraia	noire rougeâtre	ovoïde	molle	lisse légèrement cloqué	fibreuse
Tinicine	noire	subcylindrique légèrement allongée	molle	lisse et brillant	fibreuse
Tantbouchet	noire	ovoïde arrondie	molle	gauffré ou cloqué	fibreuse
Timjouhart	noire rougeâtre	subcylindrique	molle	lisse	fibreuse
Bent Qbala	mielleuse	ovoïde aplatie à la partie supérieure	molle	lisse	fibreuse

Matériel et méthodes

Ces caractéristiques sont semblables à celles notées dans la littérature (**Hannachi *et al.*, 1998 ; Belguedj et Tirichine, 2011 ; Belguedj, 2002**).

3. Conditions de conservation des échantillons

Les dattes mûres, exemptes de défauts tels que : taches, endommagements, souillures et présence de fermentation ou des moisissures, et sans aucune désinfestation ou tout autre traitement, ont été conservées à une température de congélation (-20 °C) dans des flacons en verre avec des bouchons métalliques juste après la récolte jusqu'à l'analyse au laboratoire (**Ahmed *et al.*, 1995 ; El-Arem *et al.*, 2011 et 2012**).

Ces mesures de conservation ont lieu pour éviter toutes sortes de contact avec le plastique qui est l'origine de la pollution par les phtalates (molécules volatiles d'origine de plastique).

4. Caractérisation morphologique des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande

Cette caractérisation a été réalisée selon la méthode de **Baraem *et al.* (2008)**, sur un échantillon de 25 dattes sélectionnées au hasard pour avoir un échantillon représentatif, une mesure a été faite pour chaque datte (25 répétitions). Les dimensions, longueur et diamètre, ont été précisément déterminées à l'aide d'un pied à coulisse numérique pour la datte entière et sa graine. Le poids des dattes et des graines, est mesuré par une balance de précision ($\pm 0,001$ g). Pour compléter cette partie, plusieurs rapports ont été calculés pour avoir des indices du poids et des dimensions.

$$\text{Rapport longueur/diamètre} = \frac{\text{Longueur de la datte (cm)}}{\text{diamètre de la datte (cm)}}$$

$$\text{Rapport pulpe/datte} = \frac{\text{poids de la pulpe (g)}}{\text{poids de la datte entière (g)}}$$

$$\text{Rapport graine/datte} = \frac{\text{poids de graine (g)}}{\text{poids de la datte entière (g)}}$$

$$\text{Rapport pulpe/graine} = \frac{\text{poids de la pulpe (g)}}{\text{poids de graine(g)}}$$

5. Caractérisation organoleptique des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande

La caractérisation organoleptique des variétés de la datte de faible valeur marchande, a été réalisée à travers une analyse sensorielle par un panel d'évaluation bien entraîné et familiarisé avec les dattes et composé de 20 étudiants de niveau Master de spécialité, Qualité des produits et sécurité alimentaire, de l'université 8 Mai 1945, Guelma. Ces analyses ont été réalisées pour évaluer le goût des variétés étudiées. Ce critère de qualité a été estimé en utilisant une fiche d'évaluation sensorielle préalablement préparée dans laquelle une échelle de notation de 1 à 12 points a été mise à la disposition des évaluateurs (Figure 10).

L'évaluation sensorielle a été réalisée dans un laboratoire équipé par des postes séparés. Une quantité de 100 g de chaque variété a été servie avec un codage. Une fiche d'évaluation sensorielle et un gobelet de l'eau ont été mis à la disposition de chaque évaluateur.

Le score du goût de chaque variété a été calculé en moyenne des notes données par les évaluateurs pour classer le goût des variétés selon l'intensité de son arôme suivant l'échelle : « 1-4 » aromatisé, « 5-8 » moyennement aromatisé, « 9-12 » non aromatisé. L'Analogie aromatique avec d'autres fruits a été également recherchée en demandant des évaluateurs de déterminer le fruit analogue des ces variétés de point de vue aromatique.

Matériel et méthodes

Date :
Numéro de l'évaluateur :
Mission
 Nous vous présentons 8 variétés de dattes algériennes codifiées de A à H, veuillez évaluer leurs arôme en entourant la note qui correspond à votre appréciation selon l'échelle suivante et donner les fruits analogues en se basant sur leurs arômes:

	A	B	C	D	E	F	G	H
Aromatisé	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	2	2	2	2	2
	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	4	4	4	4	4	4	4
Moyennement aromatisé	5	5	5	5	5	5	5	5
	6	6	6	6	6	6	6	6
	7	7	7	7	7	7	7	7
	8	8	8	8	8	8	8	8
Non aromatisé	9	9	9	9	9	9	9	9
	10	10	10	10	10	10	10	10
	11	11	11	11	11	11	11	11
	12	12	12	12	12	12	12	12
Analogie avec d'autres fruits								

Figure 10 : Fiche d'évaluation sensorielle de caractéristique organoleptique des variétés étudiées de dattes algériennes

6. Caractérisation physicochimique des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande

Pour faciliter la caractérisation physico-chimiques des dattes étudiées, les échantillons ont été dénoyautées et la pulpe des dattes a été broyée à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène. Trois essais ont été réalisés pour chaque analyse.

6.1. Teneur en humidité

L'humidité des dattes a été déterminée en utilisant 1 g de la pulpe broyée et étalée dans une capsule puis séchée dans une étuve à une température de 103 ± 2 °C, jusqu'à l'obtention d'un poids constant (NF V 05-108, 1970). La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante:

$$H \% = [(M1 - M2) / P] \times 100$$

Soit :

H% : teneur en eau ou humidité.

M1: Masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en g.

M2: Masse de l'ensemble après séchage en g.

P: Masse de la prise d'essai en g.

La teneur en matière sèche est calculée selon la relation :

$$MS \% = 100 - H \%$$

MS : Matière sèche.

6.2. pH

La détermination en unité de pH, est la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse préparée en ajoutant 60 ml d'eau distillée à 20 g de pulpe de datte broyée (NF V 05-108, 1970).

6.3. Acidité titrable

Elle est basée sur le titrage de l'acidité d'une solution aqueuse de dattes avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur (NF V 05-101, 1974). L'acidité titrable est exprimée en grammes d'acide citrique pour 100 g de produit selon la formule suivante:

$$A\% = [(250 \times V1 \times 100) / (V0 \times M \times 10)] \times 0,07$$

soit:

M: Masse, en grammes de produit prélevé.

V0: Volume en millilitre de la prise d'essai.

V1: Volume en millilitre de la solution utilisée d'hydroxyde de sodium à 0.1 N.

0,07: Facteur de conversion de l'acidité titrable en équivalent d'acide citrique.

6.4. Taux de cendres

La pulpe de datte broyée est calcinée à 550 °C dans un four à moufle jusqu'à l'obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant (NF V 05-113, 1972). La teneur en cendres est exprimée en pourcentage de la prise d'essai après le calcul du pourcentage de la matière organique.

$$Mo \% = [(M1-M2)/ P] \times 100$$

Soit :

Mo%: Matière organique.

M1: Masse des capsules + prise d'essai

M2: Masse des capsules + cendres.

P: Masse de la prise d'essai.

$$TC = 100 - MO\%$$

TC : Teneur en cendres

6.5. Teneur en matière solide soluble (Brix)

Le Brix exprime en pourcentage la concentration des solides solubles dans une solution aqueuse. Généralement, le Brix (%) est calibré en fonction du nombre de grammes de sucres de canne contenus dans une solution de 100 grammes. Donc, lors de la mesure d'une solution de sucre, le Brix (%) devrait parfaitement correspondre à la concentration réelle (NF V 05-108, 1970). Le Brix des dattes a été mesuré à l'aide d'un réfractomètre après la préparation d'un sirop de dilution de 20%.

6.6. Teneur en sucres totaux

Elle est mesurée après la détermination de la teneur en solides totaux (Brix) selon la méthode de **Muler (1985)** en utilisant la formule suivante :

$$\text{Sucres totaux (\%)} = [(A \times D \times 4,24)/4] - 2,5$$

Dont :

A : Brix

D : facteur de dilution

6.7. Teneur en sucres réducteurs (glucose et fructose)

Le principe de cette méthode est basé sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans l'échantillon, en respectant les conditions suivantes : l'absence de toutes matières réductrices dans l'échantillon et faire une dilution pour arriver à une solution de concentration inférieure à 5g/L (Navarre, 1974). L'expression des résultats se fait par la formule suivante :

$$R = \frac{5 \times N}{N'} \times F$$

Soit :

R : la quantité de sucres réducteurs en g/litre

N : le nombre de ml de solution de glucose à 5% utilisée

N' : le nombre de ml de filtrat utilisé pour la décoloration de la liqueur de Fehling

F : le facteur de dilution.

6.8. Teneur en sucres non réducteur (saccharose)

Le taux du saccharose disponible dans les dattes est la différence entre la teneur en sucres totaux et le taux des sucres réducteurs présents dans l'échantillon :

$$\text{Saccharose (\%)} = \text{sucres totaux (\%)} - \text{sucres réducteurs (\%)}$$

6.9. Teneur en lipides

La teneur en matière grasse est calculée après l'extraction des lipides par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil Soxhlet (NF EN ISO 734-1), selon la formule suivante :

$$MG (\%) = \frac{(P_2 - P_1)}{P_3} \times 100$$

Soit :

P_1 : Poids du ballon vide (g).

P_2 : Poids du ballon après l'extraction (g).

P_3 : Poids de la prise d'essai (g).

7. Profil aromatique des huit variétés étudiées

7.1. Tests d'optimisation du protocole d'extraction des arômes des dattes

7.1.1. Echantillon des tests

Avant d'entamer le travail sur nos propres échantillons et pour adopter, maîtriser et optimiser le protocole d'extraction et d'analyse des composés volatils présents dans nos échantillons de datte, des manipulations ont été réalisées sur un échantillon de la datte de Deglet-Nour acheté directement du marché de la ville de Montpellier (France). Cette variété est très disponible dans le marché, ce qui facilite la réalisation des essais préliminaires d'optimisation.

7.1.2. Extraction des composés volatils de la datte Deglet-Nour

7.1.2.1. Extraction à sec des composés volatils de la datte Deglet-Nour par SPME

Une quantité de 2 g de pulpe de la datte Deglet-Nour découpée en petits morceaux, a été mise dans un flacon en verre de 10 ml destiné pour la micro-extraction en phase solide (SPME) ; le flacon a été fermé par un septum et serti directement. Cette quantité d'échantillon laisse un vide en haut du flacon égal à la moitié du volume, ce que l'on appelle « l'espace de tête ».

Après 30 minutes, la période nécessaire pour créer l'équilibre gazeux entre la prise d'essai et l'espace de tête de la fiole, par le phénomène du transfert de matière, les composés volatils ont été piégés (extraits) par une fibre de silice SPME (Supelco, Bellefonte, PA, USA) revêtue par polydiméthylsiloxane (PDMS, 100 μ m) pendant 45 minutes. L'extraction a été réalisée dans une salle thermostatée (50 ± 1 °C) pour garantir la stabilité de la température d'extraction. En outre, des essais à blancs ont été exécutés avant chaque première extraction de SPME.

7.1.2.2. Extraction des composés volatils à partir d'un sirop de datte Deglet-Nour par SPME

L'extraction des composés d'arôme de sirop de la Deglet-Nour par la technique de SPME a été réalisée après la préparation de deux solutions de différentes concentrations 10 et 20 %. Une quantité de 10 g de la pulpe de datte a été soumise à 2 types de broyage dans l'eau ultra pure en respectant le volume d'eau nécessaire pour la préparation des concentrations recherchées, l'un a été fait par un turbo-blender du laboratoire (2^{ème} vitesse) et l'autre a été réalisé par un ultraturax ($24 \cdot 10^3$ tr/min). Les concentrations du sirop de la datte ont été préparées comme suit :

Concentration 20 % : 10 g de datte + 45 ml de l'eau.

Concentration 10 % : 10 g de datte + 90 ml de l'eau.

Les manipulations de la préparation des sirops de la datte de Deglet-Nour sont illustrées dans le diagramme de préparation dans la figure 11.

Un volume de 5 ml de sirop de la datte, crée un espace de tête de la moitié du flacon SPME de 10 ml. L'extraction des composés d'arôme de la datte à partir des solutions (sirops) a suivi les mêmes conditions d'extraction à sec.

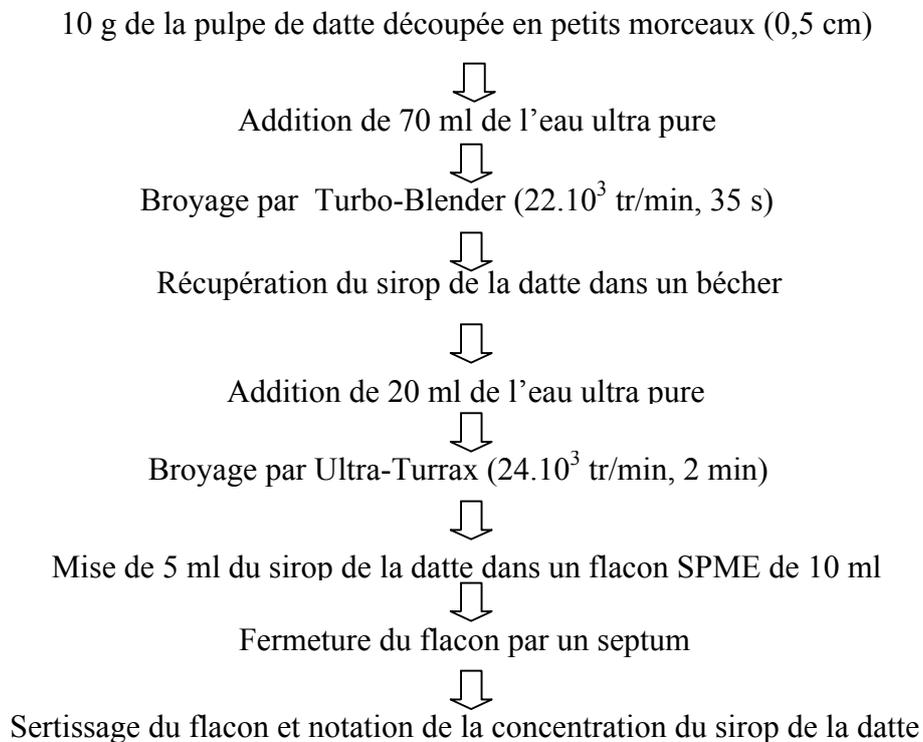


Figure 11 : Préparation d'une solution de la datte de concentration de 10 % pour l'extraction des composés volatils par la technique SPME

7.1.2.3. Extraction des composés volatils de la datte Deglet-Nour par la technique SAFE

La technique d'évaporation des arômes assistée par solvant (SAFE), est une technique d'extraction récente. Elle peut donner un extrait représentatif et quantitatif, relatif à la matrice alimentaire originale.

Cette technique a été utilisée avec un échantillon commercial de la variété Deglet-Nour. Une quantité de 100 g de la pulpe de datte a été finement broyée avec 200 ml de l'eau ultra pure et mise à l'extraction dans un bain à température de 30 °C, sous l'influence d'un vide de 3×10^{-3} Pa.

Les composés volatils de la datte sont entraînés par la vapeur de l'eau et récupérés par condensation dans un ballon de piègeage refroidi à -196 °C par l'azote liquide. Ensuite, une extraction liquide-liquide à l'aide d'un mélange des solvants (2 v pentane + 1 v dichlorométhane) est réalisée dans une hotte ventilée pour extraire l'arôme de l'eau (élimination de la phase hydrique). Les solutions sont préservées dans des récipients fermés pour éviter de perdre l'extrait et les solvants par la ventilation. Ces solvants ont des points d'ébullition inférieurs à ceux des composés d'arômes (45 °C), ce qui facilite la concentration des composés aromatiques à un volume de 250 μ l, dans la température précédente par le biais d'un concentrateur-évaporateur, Kuderna-Danish (Figure 12).

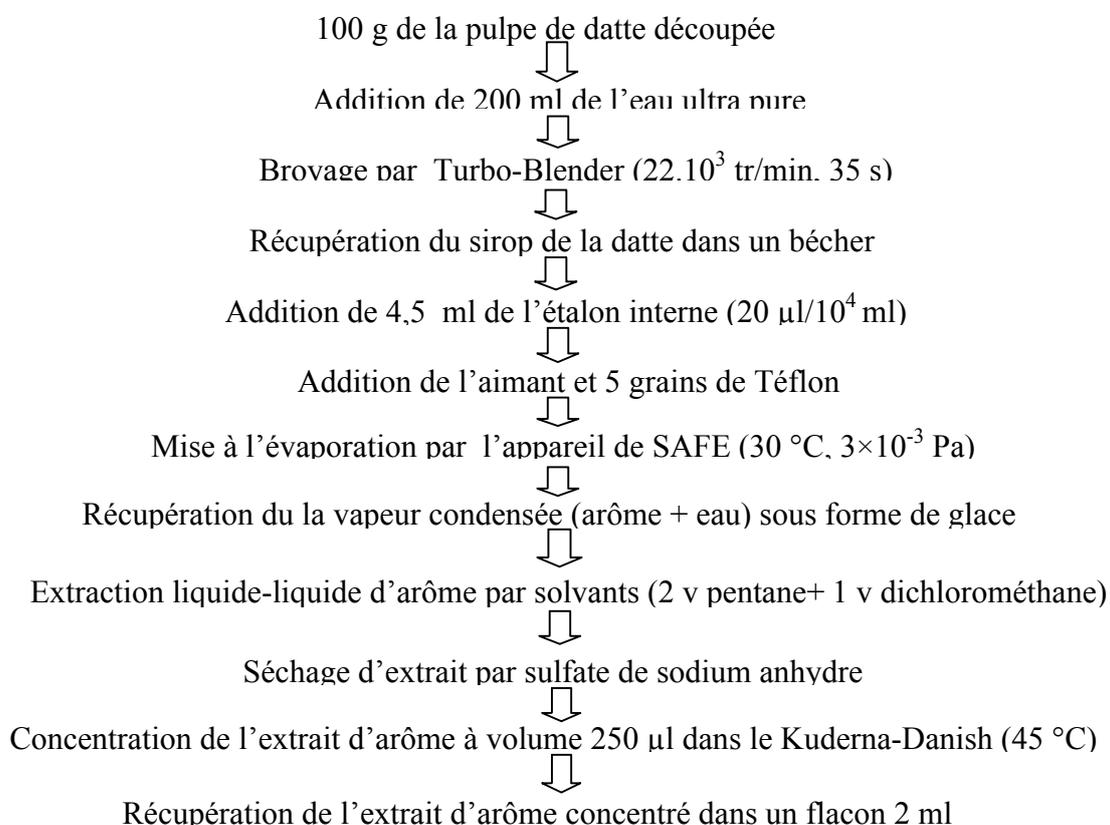


Figure 12: Protocole original d'extraction de l'arôme de la datte Deglet-Nour par la technique SAFE

Matériel et méthodes

Mais, l'extraction n'a pas abouti à cause d'une production excessive de mousse qui a débordé du ballon de l'extraction vers le ballon de condensation (récupération). Une modification a été réalisée sur le protocole d'extraction. Une quantité de 100 g de la pulpe de datte a été broyée avec 400 ml d'eau ultra pure pour l'obtention d'un sirop de datte. Puis, ce dernier est soumis à l'extraction par 100 ml d'un mélange des solvants (2 v pentane + 1 v dichlorométhane) simultanément, sous l'agitation pendant 20 minutes (Figure 13).

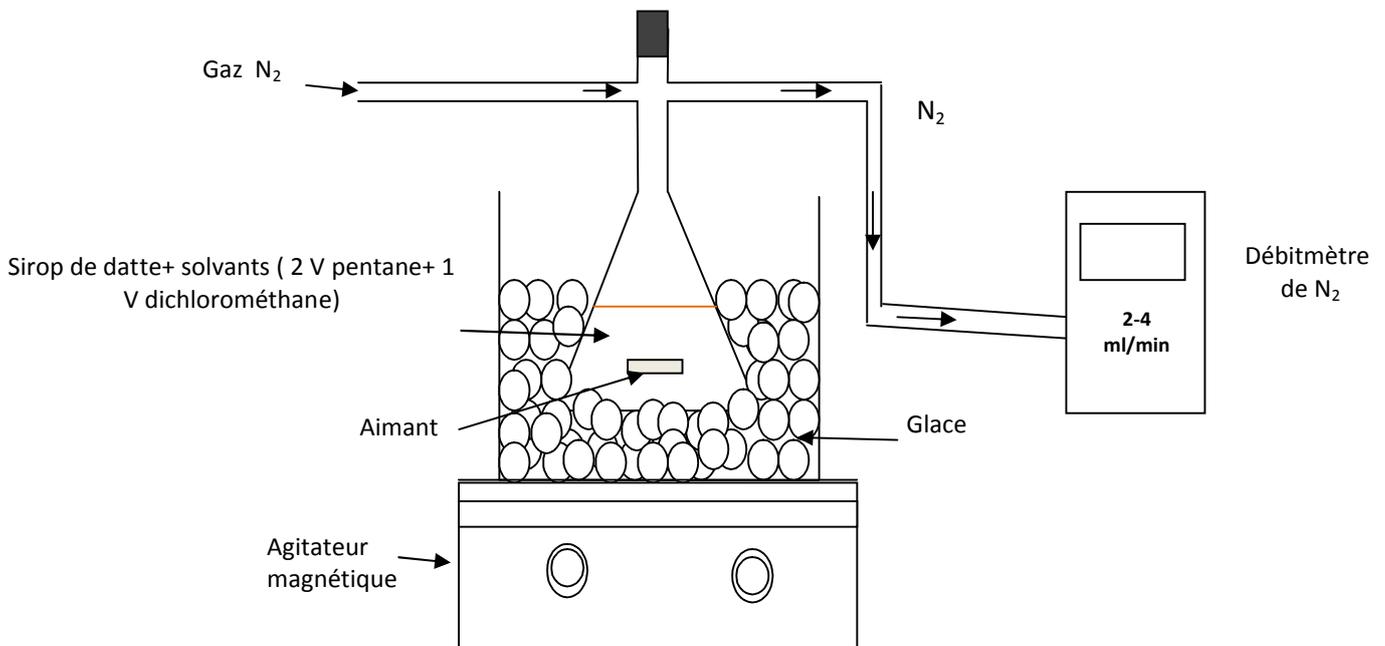


Figure 13 : Montage d'extraction des composés d'arôme de la datte

Cette étape a été suivie par une centrifugation pour récupérer le surnageant qui contient les solvants et l'arôme de la datte. Cette phase a subi une concentration, par suite, dans le concentrateur-évaporateur Kuderna-Danish pour avoir un extrait d'arôme concentré de 250 μ l (Figure 14).

Matériel et méthodes

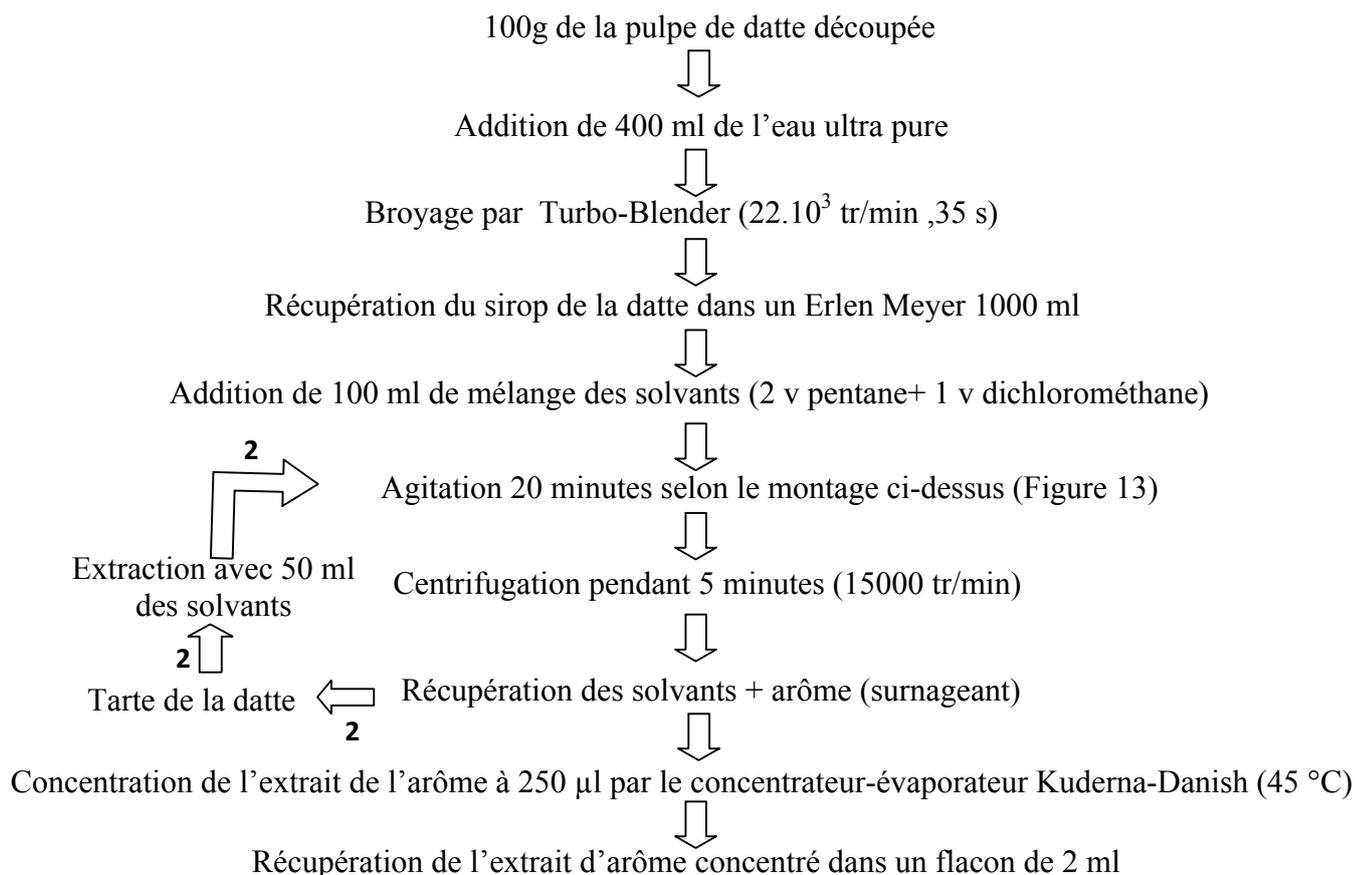


Figure 14 : Protocole modifié pour l'extraction des composés d'arôme de la datte Deglet-Nour par la technique d'évaporation des arômes assistée par solvant (SAFE)

L'analyse et l'identification des composés volatiles qui constituent l'arôme des variétés étudiées, ont été réalisées suivant les mêmes conditions analytiques et la même méthode d'identification utilisées pour l'extraction des composés d'arôme par la techniques SPME.

7.1.3. Protocole d'analyse des composés volatils de la datte par le système GC-MS

Une fois l'extraction finie, la fibre a été retirée dans l'aiguille de SPME et transférée à l'orifice d'injection du système de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse, pour la désorption des composés volatils. Ce système comprend un chromatographe en phase gazeuse de 3800 CP (Palo Alto, CA, USA) muni d'une colonne capillaire DB-wax (30 m × 0.25 mm × 0.25 µm ; Agilent, Santa Clara, CA, USA) et un spectromètre de masse (Agilent 5973, USA) doté d'un détecteur de trappe ionique (2000 ions) (Agilent 5973, USA).

Matériel et méthodes

Les conditions analytiques de cette opération étaient comme suit : l'injecteur et la ligne de transfert des températures étaient à 220 °C et à 240 °C respectivement ; la température de four a été programmée de 60 à 240 °C (3 °C/min), le gaz vecteur était l'hélium (1 ml /min) et l'injection s'est faite en mode splitless (sans diffusion hors la colonne).

7.1.4. Identification des composés d'arôme de la datte

L'identification des constituants volatils de la datte, à partir de son chromatogramme d'analyse et le spectre de masse de chaque pic (composé volatil), a été faite par le biais d'un logiciel de traitement des données (MSD Chem Station G 1701DA010216 , 15 juin 2004) qui identifie le composé volatil correspondant à chaque pic du chromatogramme, par la comparaison du spectre de masse du composé avec les spectres de masse de la base des données du logiciel, proposant plusieurs molécules chimiques à différentes probabilités d'un ordre décroissant. La molécule la plus probable est celle qui sera retenue. Cette identification est primaire et nécessite une confirmation en comparant, cette fois-ci, l'indice de rétention de Kovats calculé de la molécule retenue avec celui de référence pour la même molécule, sur les bases de données des composés volatils et aromatiques mises à la disposition des chercheurs sur les sites *Flavornet.com* et *Pherobase.com*. S'il y a une conformité entre les deux indices de Kovast (calculé et référence) pour la molécule retenue, avec une tolérance de différence inférieure à 20, cette molécule sera dans ce cas-là confirmée et en conséquence, le composé volatil correspondant au pic recherché, est bien identifié. Pour réaliser la comparaison, les indices de rétention Kovats des composés volatils, ont été calculés suivant l'équation de la courbe de la régression linéaire ($P < 0,05$) de l'indice de rétention Kovast des composés alcanes en fonction de leurs temps de rétention (Figure 15). Pour cela, une série des alcanes a été utilisée pour tracer cette courbe. Les indices de rétention Kovast des alcanes sont reconnus. Une série des *n*-alcanes (C₈ à C₂₀) préalablement préparée a été injectée dans les mêmes conditions analytiques que celles de l'extrait des composés volatils, pour déterminer leurs temps de rétention et tracer par la suite la courbe de tendance recherchée (Figure 15).

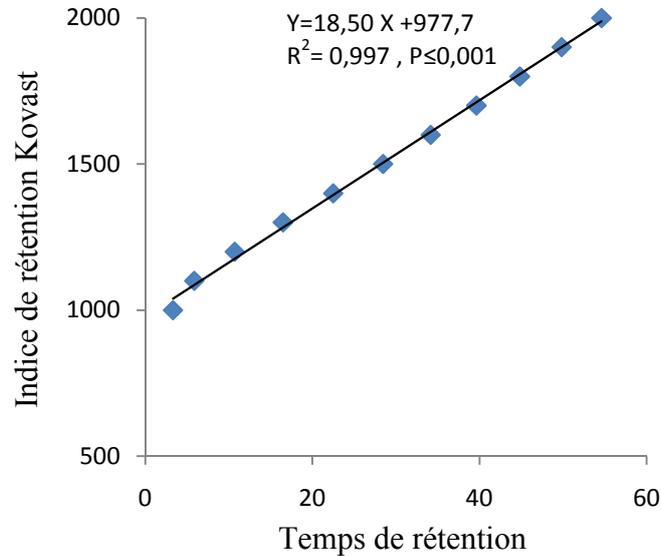


Figure 15: Courbe de tendance des indices de rétention des alcanes en fonction de leurs temps de rétention

L'équation de cette courbe est : $Y = 18,5 \cdot X + 977,7$ (1)

Y : indice de rétention Kovast

X : temps de rétention

Mais, cette équation de régression (1) n'a pas donné des indices de Kovast exacts à partir des temps de rétention ce qui a imposé une correction pour avoir des valeurs plus précises en utilisant les temps de rétention des alcanes, selon la formule (2) ci-dessous :

$$Y = IRK_{(n+1)} - [(TR_{(n+1)} - X) / (TR_{(n+1)} - TR_n) \times 100] \quad (2)$$

Dont :

Y : indice de rétention Kovast du composé volatil

$IRK_{(n+1)}$: indice de rétention Kovast de l'alcane qui suit le composé volatil

$TR_{(n+1)}$: temps de rétention de l'alcane qui suit le composé volatil

X : temps de rétention du composé volatil

TR_n : temps de rétention de l'alcane qui précède le composé volatil

7.2. Caractérisation des arômes des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande.

7.2.1. Préparation des échantillons

Avant d'entamer l'extraction des composés d'arôme des huit variétés de la datte algérienne, une quantité de 50 g de datte de chaque variété, préalablement décongelée et dénoyautée (8 à 10 dattes), a été séparément et rapidement découpée en petits morceaux, l'une après l'autre et en toute prudence (lavage du matériel par une lessive sans parfum), afin d'éviter toute probabilité de :

- confondre la pulpe de différentes variétés,
- polluer la pulpe des dattes par un autre arôme ou composé volatil étranger à la datte à analyser,
- perdre les composés volatils de datte.

7.2.2. Extraction et analyse des composés d'arôme des variétés étudiées

L'espace de tête de la pulpe des dattes fraîches découpée en petits morceaux et insérée dans une fiole 25 ml en verre et laissée équilibrer pendant 30 minutes a été prélevé par une fibre SPME, de Supelco (Bellefonte, PA, USA), couverte par du polydiméthylsiloxane (PDMS, μm 100). Le prélèvement de SPME a été effectué en utilisant la même fibre préconditionnée selon les instructions du fabricant, pour toutes les analyses. Le prélèvement a été accompli dans une salle climatisée (22 ± 1 °C) pour garantir une température stable.

Après la période d'équilibration, la fibre a été exposée à l'espace de tête de la fiole pendant 50 minutes. Une fois que le prélèvement ait été réalisé, la fibre a été retirée dans l'aiguille de SPME et transférée à l'orifice d'injection du système de chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS). Tous les échantillons de la datte ont été soumis aux mêmes conditions de prélèvement et de désorption de SPME.

Des essais à blanc ont été réalisés avant chaque première extraction de SPME et aléatoirement répétés pendant chaque série d'extraction.

Le système d'analyse et d'identification des composés aromatiques de la datte commune algérienne est réalisé comme précédemment avec le même protocole décrit pour l'optimisation.

7.2.3. Identification des composés aromatiques des variétés étudiées

L'identification des composés volatils a été réalisée par des comparaisons quantitatives des aires des pics relatives aux molécules chimiques dans les différents échantillons de la datte. Puis, elle a été basée sur une comparaison des temps de rétention avec ceux des échantillons authentiques, comparant leurs indices de rétention linéaires (LRI) relative à une série de *n*- hydrocarbures. Ensuite, nous avons comparé entre les spectres de masse des molécules analysées dans nos échantillons de dattes avec ceux des bases de données des spectres de masse à l'aide du logiciel NIST 2000, et ceux des spectres de masse fournis par la littérature scientifique (Adams, 2007 ; Stenhagen *et al.*, 1974).

8. Analyse statistique des données

Les données des analyses physiques, organoleptiques et physicochimiques, ont été traitées à l'aide du logiciel Minitab (Minitab[®] version 16, Minitab Ltd, Royaume Uni) pour tester la présence d'une différence significative entre les variétés de la datte par l'analyse de la variance (ANOVA) à $p < 0,05$ suivie par le test post hoc de Tukey au même seuil de signification.

Les résultats d'analyse et d'identification des composés volatils qui constituent l'arôme de la datte commune algérienne, ont été traités statistiquement à l'aide du même logiciel statistique. Les similitudes ou les distance entre les variétés de la datte ont été recherchées, en les classant hiérarchiquement sur la base de la présence ou de l'absence (1, 0) du composé aromatique dans chaque variété de datte. Une analyse factorielle de correspondance (AFC) a été exécutée pour indiquer les rapports qui ne seraient pas détectés dans les paires de variété du regroupement hiérarchique.

RÉSULTATS

Résultats

1. Caractéristiques morphologiques, organoleptiques et physicochimiques des variétés de dattes étudiées

1.1. Caractéristiques morphologiques

1.1.1. Poids de la pulpe et du noyau

La caractérisation morphologique des huit variétés de dattes algériennes, de faible valeur marchande, montre que le poids de ces dattes varie entre $6,63 \pm 0,26$ g (Ghars) à $15,98 \pm 0,94$ g (Tantbouchet) pour les dattes entières et entre $5,75 \pm 0,23$ g (Ghars) à $14,96 \pm 0,82$ g (Tantbouchet) pour leurs pulpes. Cependant, le poids des noyaux des dattes étudiées s'étale de $0,87 \pm 0,03$ g à $1,46 \pm 0,02$ g (Figure 16).

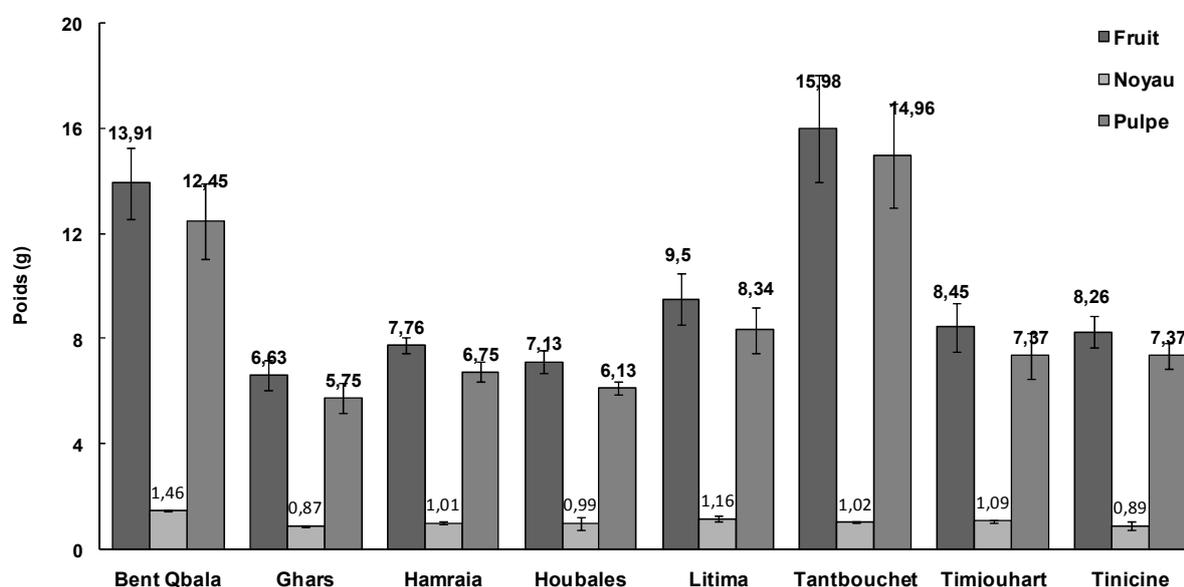


Figure 16: Poids en gramme de la datte, de la pulpe et du noyau de quelques variétés de dattes algériennes

1.1.2. Dimensions de la datte et du noyau

La longueur des variétés étudiées est comprise entre 3,33 et 4,36 cm pour les dattes entières et entre 1,93 et 2,75 cm pour leurs noyaux. Cependant, le diamètre de ces variétés est de l'ordre de 1,83 et 2,73 cm et 0,8 et 0,95 cm pour les dattes et leurs noyaux respectivement (Figure 17).

Résultats

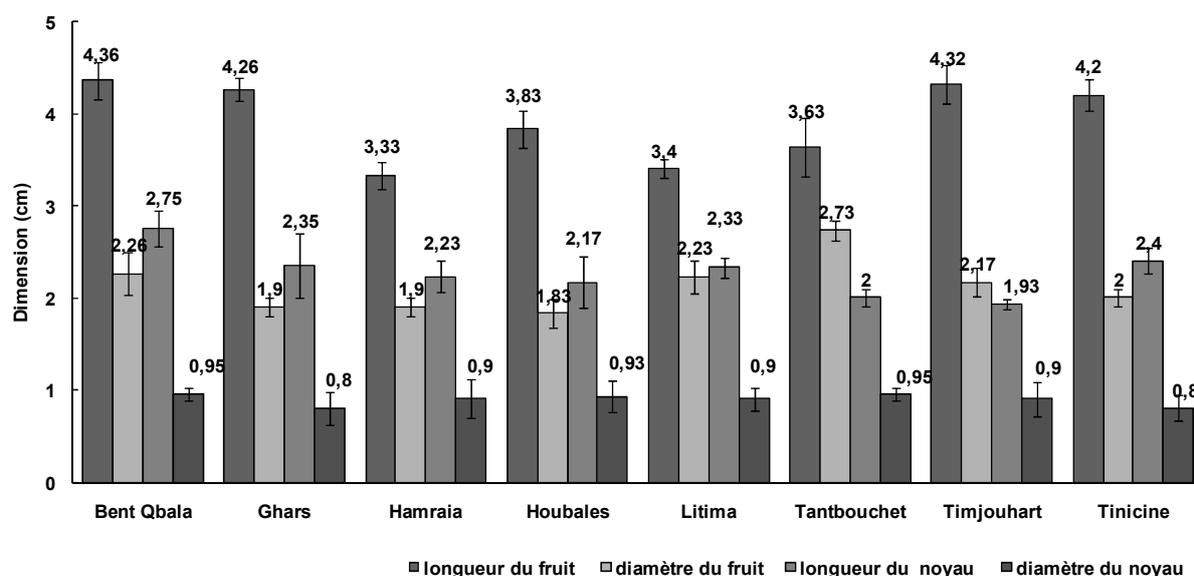


Figure 17: Dimensions en centimètre de la pulpe et du noyau des variétés étudiées

1.1.3. Rapports morphologiques des variétés étudiées

Les rapports morphologiques calculés (Tableau 18) sont de valeur industrielle très importante parce qu'ils déterminent l'aptitude technologique des dattes :

Tableau 18: Paramètres morphologiques proportionnels des dattes étudiées

	Bent Qbala	Ghars	Hamraia	Houbales	Litima	Tantbouchet	Timjouhart	Tinicine
Rapport au pourcentage du poids (pulpe/fruit) × 100	90,15	86,72	86,78	85,97	87,78	93,61	87,21	89,22
Rapport au pourcentage du poids (noyau/fruit) × 100	9,79	13,12	13,01	13,88	12,21	6,38	12,89	10,76
Rapport du poids (pulpe/noyau)	8,52	6,61	6,68	6,19	7,18	14,66	6,76	8,28
Rapport (longueur/diamètre)	1,92	2,24	1,75	2,09	1,52	1,32	1,94	2,1

Selon les résultats du tableau ci-dessus (18), la variété Tantbouchet apparaît la plus charnue par rapport aux autres variétés étudiées, elle présente le rapport du poids (pulpe/fruit), le plus élevé (93,61%). Cependant, la variété Houbales présente la valeur la plus faible de ce rapport (85,97%), mais elle est la plus riche en noyaux.

Résultats

1.1.4. Corrélation du rapport longueur/diamètre et la forme de la datte

L'analyse statistique (Tableau 19) des résultats du rapport de (longueur / diamètre) de la datte et la forme pour les huit variétés, a déterminé une corrélation significativement positive ($r = 0,755$) entre ce rapport et la forme de la datte.

Tableau 19: Coefficient de corrélation linéaire du rapport longueur/diamètre et la forme des dattes étudiées.

Variables	R	P
L/D et la forme	0,755	0,030

R : Coefficient de corrélation de Pearson

P \leq 0,05

1.2. Caractéristique organoleptique des variétés étudiées des dattes algériennes

Selon nos résultats, toutes les variétés étudiées ont un goût et un arôme perceptibles à part de Houbales, Tantbouchet et à moindre degré la variété Ghars, qui ont une saveur de moyenne intensité (Tableau 20). La présence d'une différence significative entre les variétés étudiées de dattes algériennes en ce qui concerne le goût est mise en évidence par l'analyse de la variance (Tableau 21). Le test à posteriori de Tukey a été fait pour classer les dattes étudiées selon l'intensité de leurs goûts.

Tableau 20 : Propriété organoleptique des variétés étudiées de dattes algériennes

	Bent Qbala	Ghars	Hamraia	Houbales	Litima	Tantbouchet	Timjouhart	Tinicine
Score de goût	1,35	4,95	2,25	7,05	3,25	5,05	3,05	1,55
Fruits analogues	Banane Ananas	Tomate Agrumes	Tomate Agrumes	Agrumes Tomate	Banane Ananas	Agrumes Tomate	Banane Ananas	Agrumes Tomate

Tableau 21 : Analyse de variance du score de goût des dattes

	DF	SS	MS	F	P
	7	546,58	78,08	49,29	$\leq 0,001$
	152	240,80	1,58		
Total	159	787,38			

DF : degré de liberté, SS : somme des carrés, F : test unilatéral du F, $P \leq 0,05$

Plusieurs groupes homogènes (A, B, CD, C, D) (Tableau 22) ont été séparés par le test de Tukey.

Résultats

Tableau 22 : Comparaison des moyennes du score de goût de la datte par le test de Tukey

Variété	N	Moyenne estimée	Groupes homogènes
Houbales	20	7,050	A
Tantbouchet	20	5,050	B
Ghars	20	4,950	B
Litima	20	3,250	C
Timjouhart	20	3,050	C
Hamraia	20	2,250	C D
Tinicine	20	1,550	D
Bent Qbala	20	1,350	D

N : nombre d'évaluateurs.

P ≤ 0,05

1.3. Caractéristiques physico-chimiques des variétés étudiées de dattes algériennes

1.3.1. Teneur en humidité

La teneur en eau de nos échantillons est illustrée dans la figure 18. Elle s'étale de 17,66% chez la variété Ghars à 38,66% chez la variété Litima qui est la plus humide par rapport aux autres variétés.

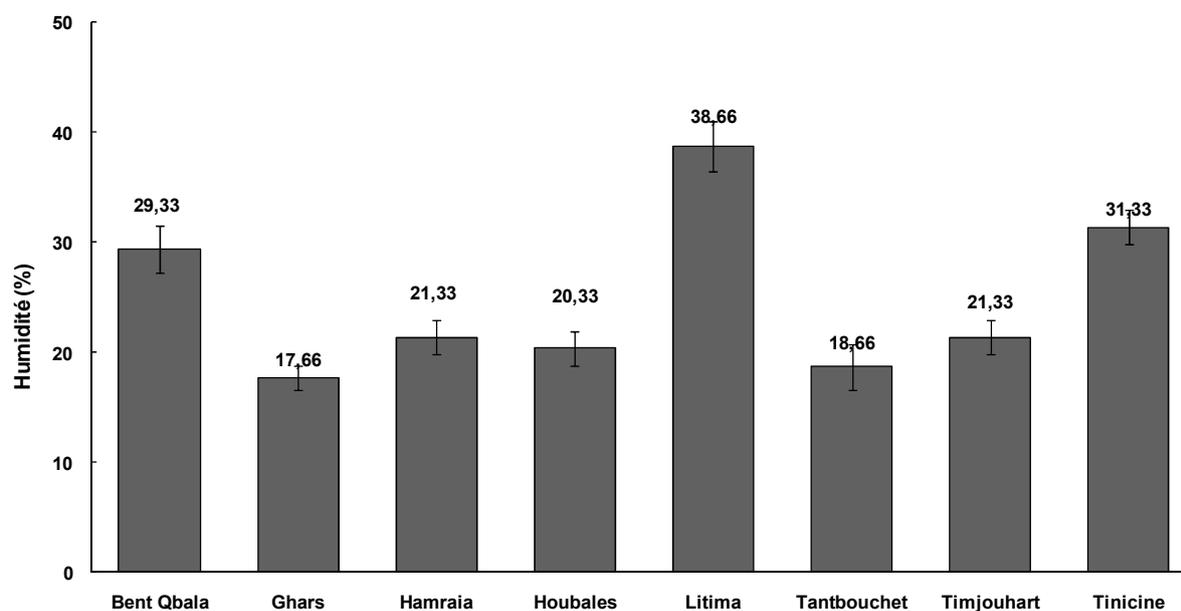


Figure 18: Teneur en eau en pourcentage des variétés de la datte algérienne

1.3.2. pH

Le pH des variétés étudiées est compris entre 6,57 et 7,17 et les valeurs de ce paramètre physicochimique sont illustrées dans la Figure 19.

Résultats

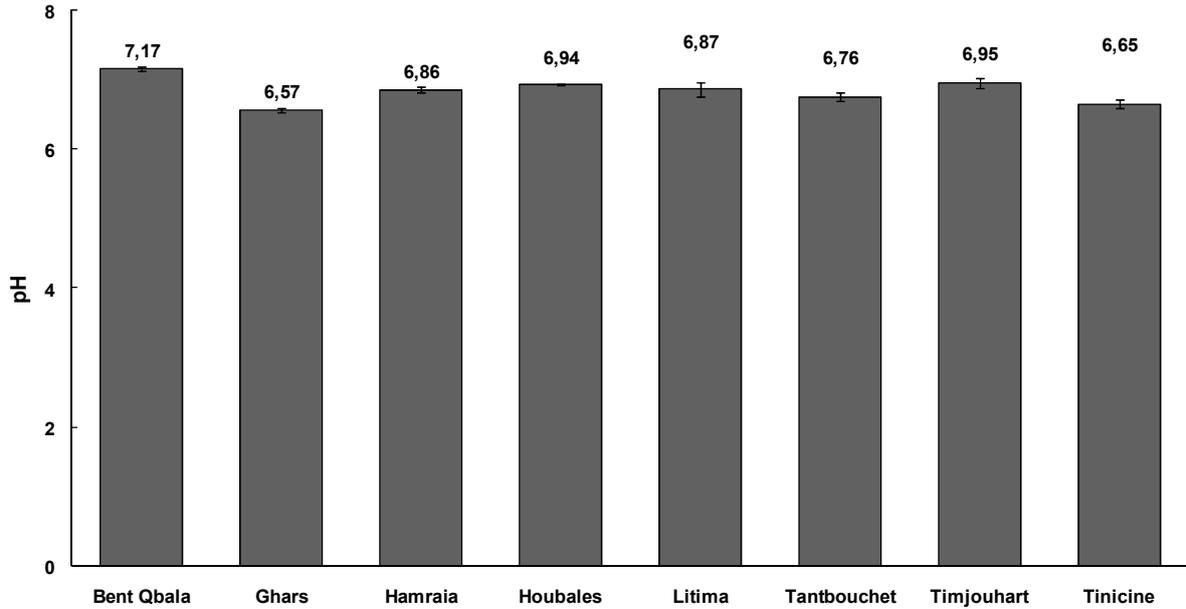


Figure 19: pH des variétés étudiées de dattes algériennes

1.3.3. Acidité titrable

L'acidité titrable de l'ensemble de nos échantillons est illustrée dans la figure 20 où sa valeur est généralement comprise entre 0,16 et 0,24 g d'acide citrique/100g du produit.

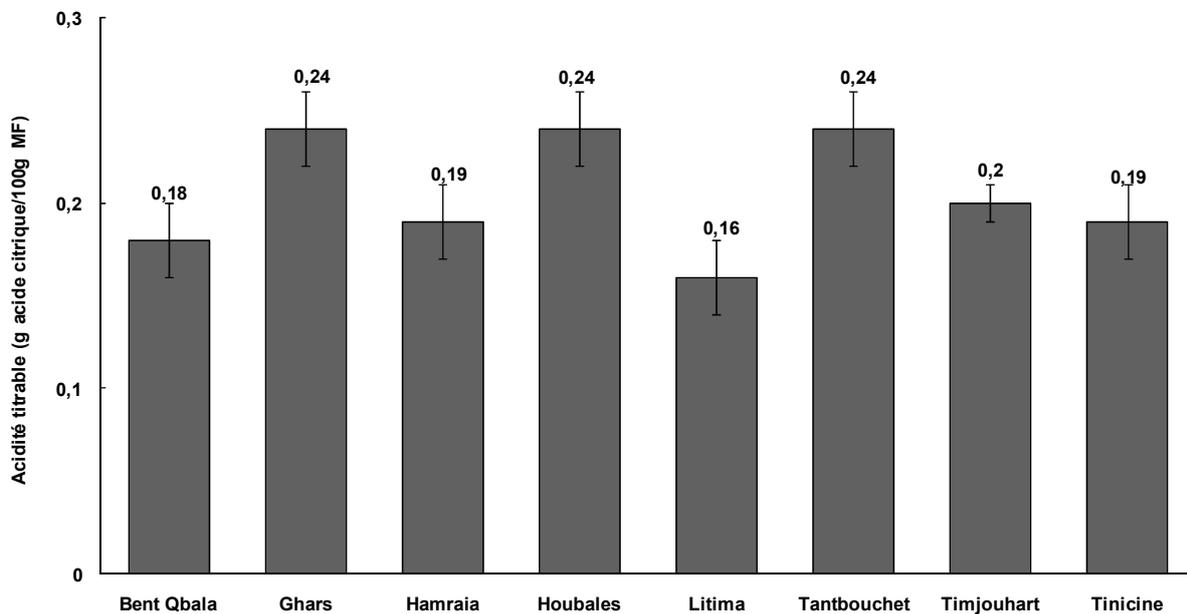


Figure 20: Acidité titrable des variétés étudiées de dattes algériennes

1.3.4. Teneur en cendres

Le taux de cendres nous renseigne sur la teneur totale en sels minéraux. Il est dans les huit variétés étudiées d'ordre de 1,77 à 3,15% (Figure 21).

Résultats

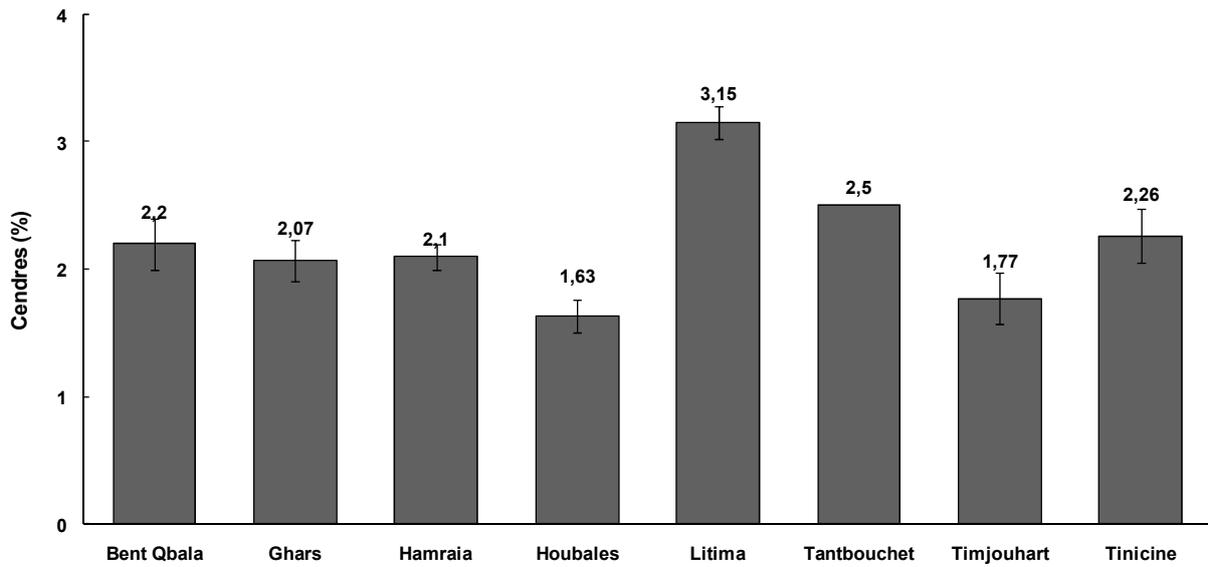


Figure 21 : Taux de cendres des variétés de datte algérienne

1.3.5. Brix (matière sèche soluble)

Le Brix représente la matière sèche soluble dans un aliment donné. Dans les dattes, il est certainement lié au taux de sucres qui sont les constituants majeurs de ce fruit. Nos échantillons présentent généralement des indices de Brix compris entre 58,66 et 74,33% (Figure 22).

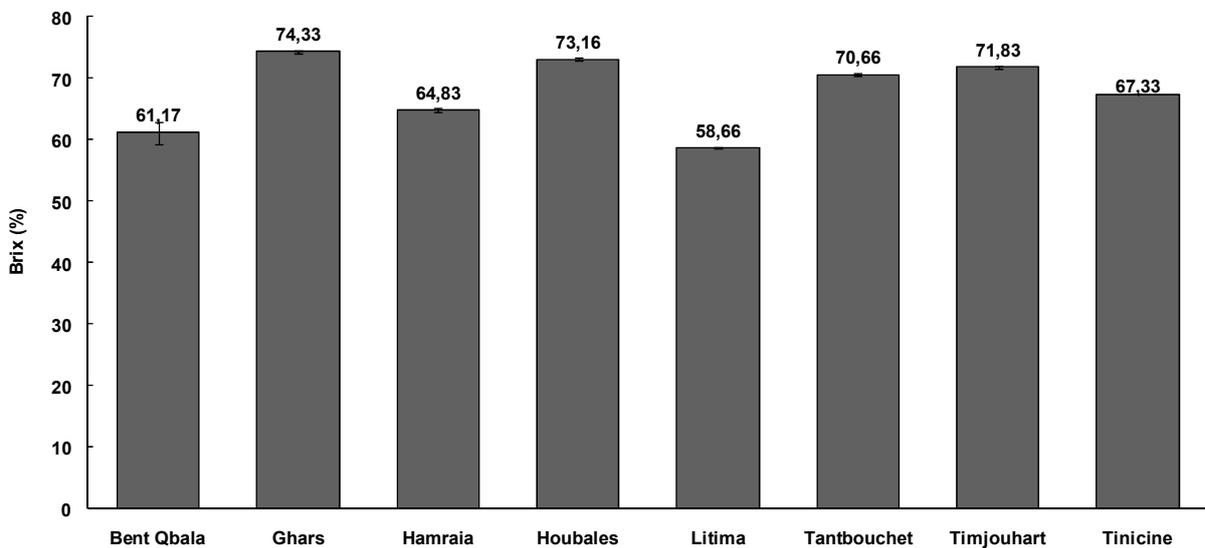


Figure 22: Teneur en matière sèche soluble (Brix) en pourcentage des variétés de datte algérienne

1.3.6. Sucres totaux

Les sucres sont les principaux constituants de la datte qui sont également responsables du goût sucré du fruit. La teneur de ces molécules organiques dans nos échantillons s'étale de 59,68% (Litima) à 76,29% (Ghars) (Figure 23).

Résultats

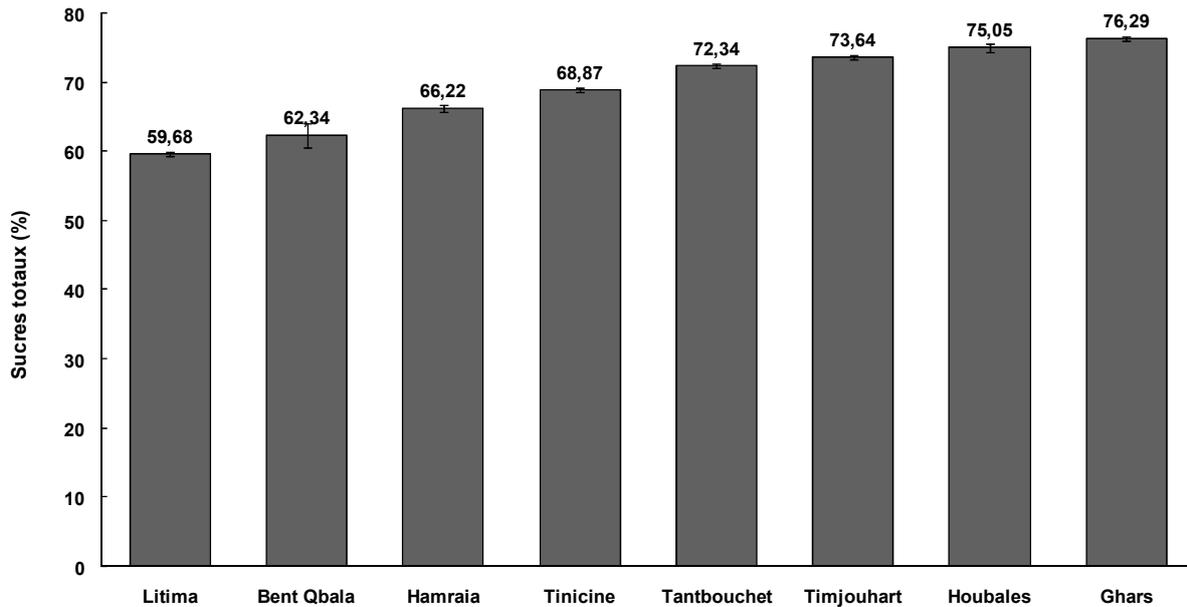


Figure 23: Teneur en sucres totaux en pourcentage dans quelques variétés de datte algérienne

1.3.7. Sucres réducteurs

Les dattes sont riches en sucres réducteurs. Notre étude sur 8 variétés de datte de faible valeur marchande, a montré la présence de ce type de sucres en teneurs comprises entre 28,77% (Tinicine) et 39,54% (Litima), ces données sont illustrées dans la Figure 24.

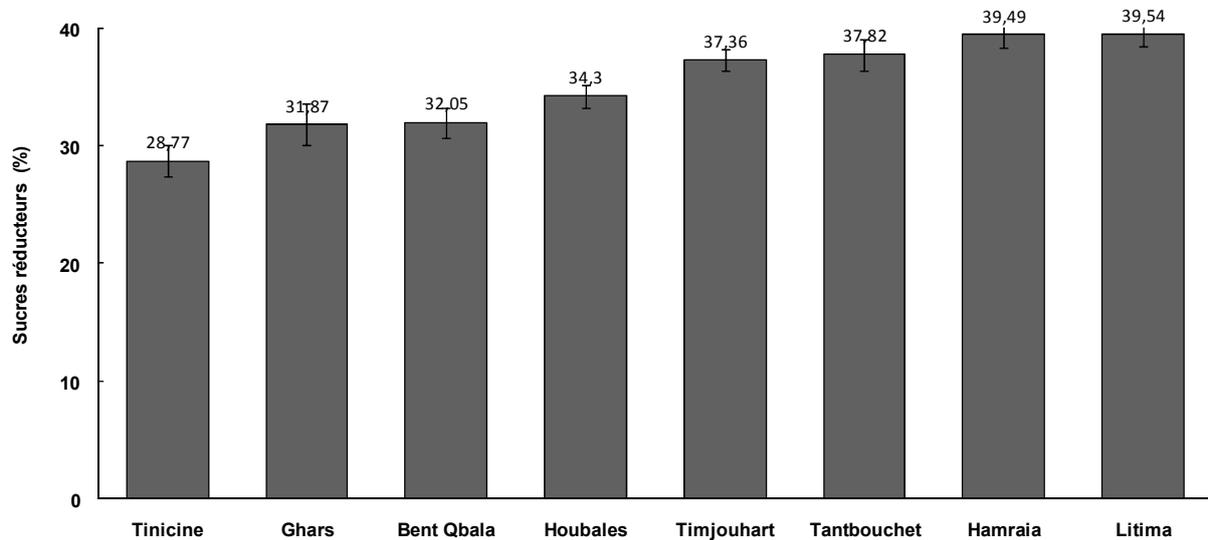


Figure 24 : Teneur en sucres réducteurs en pourcentage de quelques variétés de datte algérienne

Résultats

1.3.8. Sucres non réducteurs (Saccharose)

Les teneurs du saccharose dans les huit variétés de datte de faible valeur marchande exprimés en pourcentage varient de 19,12% (Litima) à 42,46% (Ghars). L'ensemble des teneurs de sucre non réducteur est présenté dans la figure 25.

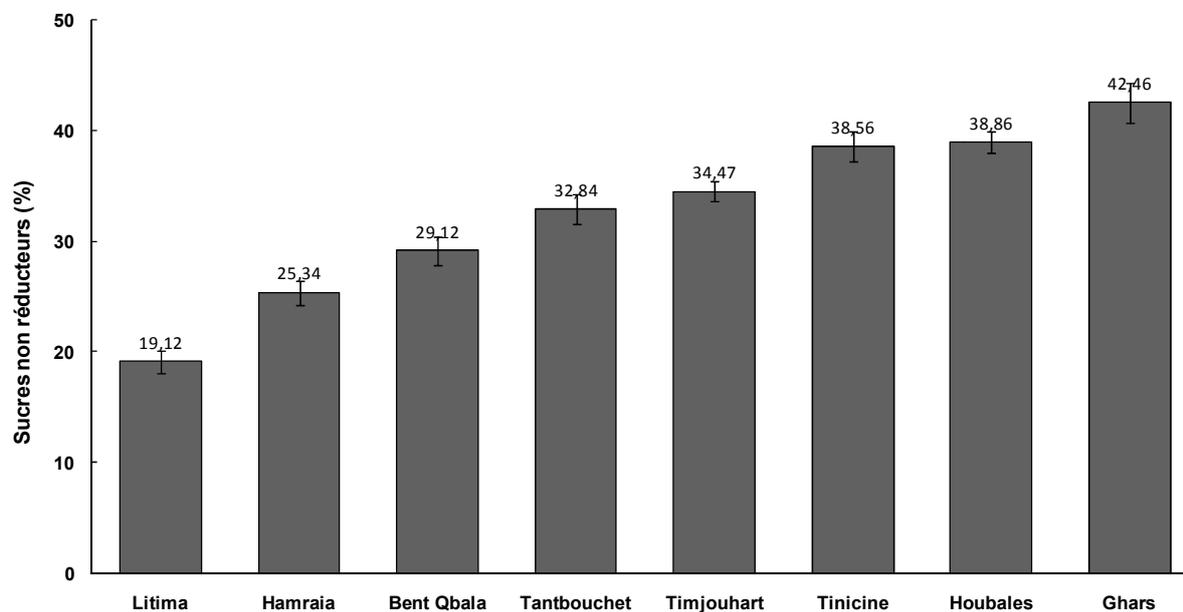


Figure 25 : Teneur en sucres non réducteurs en pourcentage de quelques variétés de datte algérienne

1.3.9. Teneur en lipides totaux

Les lipides sont des constituants mineurs de la datte. Les teneurs en lipides totaux dans nos échantillons sont exposées dans la figure 26, dans laquelle nous enregistrons des proportions qui s'étalent selon les variétés de 0,012% MF (Litima) à 0,114% MF (Tantbouchet).

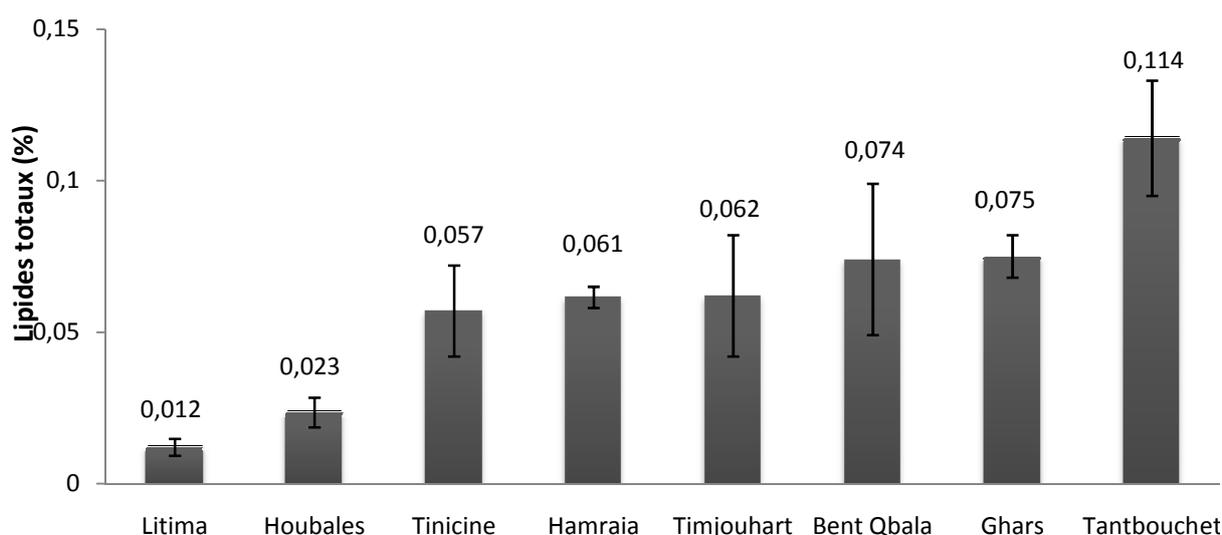


Figure 26: Teneur en lipides totaux en pourcentage de quelques variétés de datte algérienne

Résultats

1.3.10. Corrélation des caractéristiques physicochimiques et organoleptique des variétés de dattes algériennes étudiées

Les corrélations entre les différentes caractéristiques physicochimiques et organoleptiques des variétés étudiées sont présentées dans le tableau 23. L'humidité est fortement et négativement corrélée avec l'acidité titrable ($r = -0,854$), les sucres totaux ($r = -0,837$) et le Brix ($r = -0,838$). L'acidité titrable est fortement corrélée avec les sucres totaux ($r = 0,894$), le Brix ($r = 0,895$), les sucres non réducteurs ($r = 0,753$) et le score du goût ($r = 0,799$). De même, les sucres totaux sont fortement corrélés avec le Brix ($r = 1,000$) et le sucre non réducteur ($r = 0,867$). Le Brix est fortement corrélé avec le sucre non réducteur

($r = 0,866$).

Tableau 23: Coefficient de corrélation linéaire (Pearson) des caractéristiques physicochimiques et organoleptique des dattes algériennes de faible valeur marchande

	H°	pH	AT	Ash	ST	Brix	SR	SNR	LT
pH	0,223 0,595								
AT	-0,854 0,007	-0,399 0,328							
Ash	0,698 0,054	-0,128 0,763	-0,529 0,178						
ST	-0,837 0,009	-0,454 0,259	0,894 0,003	-0,700 0,053					
Brix	-0,838 0,009	-0,454 0,258	0,895 0,003	-0,699 0,054	1,000 0,000				
SR	-0,032 0,939	0,235 0,575	-0,174 0,681	0,314 0,448	-0,242 0,563	-0,241 0,565			
SNR	-0,605 0,112	-0,458 0,254	0,753 0,031	-0,681 0,063	0,867 0,005	0,866 0,005	-0,694 0,056		
LT	-0,532 0,175	-0,442 0,273	0,459 0,252	-0,096 0,821	0,371 0,365	0,373 0,363	-0,234 0,578	0,397 0,330	
G	-0,542 0,165	-0,225 0,592	0,799 0,017	-0,276 0,508	0,656 0,077	0,657 0,077	0,144 0,734	0,413 0,309	-0,093 0,827

H° : humidité, AT : acidité titrable, ST : sucres totaux, SR : sucres réducteurs, SNR : sucres non réducteurs, LT : lipides totaux, G : goût, T : texture, CN : consistance, C : couleur, F : forme.

Cellule du tableau : Corrélation linéaire, Valeur de P

P>0.05: non significative, 0.05>P>0.01: significative, 0.01>P: hautement significative.

Résultats

2. Essais d'optimisation du protocole d'extraction des composés aromatiques

2.1. Extraction des composés aromatiques de la datte Deglet-Nour par la technique SPME

Après l'étape de confirmation des molécules aromatiques, plusieurs composés volatils ont été identifiés dans la datte de Deglet-Nour. Les résultats de ces essais préliminaires sont présentés dans le tableau 24 et la figure 27.

Tableau 24: Identification et confirmation des composés d'arôme de la datte Deglet-Nour

N°	Composé	IRK publié	IRK calculé	TR	Aire du pic
1	NI	-	-	1,0	4098269
2	Hexane *	-	-	1,1	1078557
3	NI	-	-	1,1	870448
4	Heptane *	-	-	1,2	945470
5	Octane	800	800	1,4	1433416
6	2-Octene	800	814	1,6	840553
7	NI	-	-	1,7	442075
8	NI	-	863	1,8	407495
9	NI	-	884	1,9	568255
10	Nonane	900	900	2,0	797538
11	Hexanal	1067	1078	5,3	2439041
12	1-méthyl-5-1-méthyléthényl Cyclohexene, ^r	-	1161	9,9	1621462
13	NI	-	1178	10,8	10310823
14	3-Octanone	1244	1222	13,2	836197
15	Octanal	1273	1257	15,1	1224426
16	6-Méthyl-5-heptene-2-one	1319	1310	18,0	6060041
17	Nonanal	1378	1371	21,3	6213600
18	NI	-	1382	21,8	7843534
19	Tétradécane	1400	1390	22,3	4944548
20	Acide dichloroacétique, 2-éthylhexyl ester ^r	-	1437	24,8	6131923
21	NI	-	1441	25,0	8733081
22	NI	-	1450	25,5	1304362
23	acide 2-propénoïque, 2-éthylhexyl ester ^r	-	1475	26,9	1891720
24	Décanal	1484	1486	27,5	4887944
25	2-éthyl-1-Hexanol	1487	1493	27,9	866557
26	Pentadécane	1500	1500	28,2	7978916
27	1-Octanol	1565	1565	31,8	809362
28	NI	-	1577	32,4	3389258
29	NI	-	1586	32,9	1552511
30	Butyrolactone ^r	-	1598	33,5	4627503
31	Hexadécane	1600	1606	34,0	8716913
32	NI	-	1686	38,3	2860690
		33	NI	39,5	7556937

Résultats

Tableau 24 (suite)

N°	Composé	IRK publié	IRK calculé	TR	Aire du pic
34	NI	-	1756	42,1	685402
35	Octadécane	1800	1806	44,7	4886672
36	(<i>E</i>)-6,10-diméthyl- 5,9-undécadien-2-one, ^r	-	1845	46,9	3476171
37	alcool 2-phényléthylique	1905	1893	49,5	2303360
38	NI	-	1898	49,8	1594451
39	NI	-	2 078	59,3	682791
40	NI	-	2 079	59,4	1222520
41	NI	-	2 082	59,5	1260046
42	NI	-	2 083	59,6	950841
43	NI	-	2 104	60,7	893942
44	NI	-	2 108	60,9	2242213
45	2,4-di-tert-butyl-phénol ^r	-	2 111	61,1	1358653

IRK : indice de rétention Kovast, TR : temps de rétention, NI : non identifié, r : composé identifié par le logiciel mais non confirmé par IRK, * : composé qui n'ont pas IRK
Les molécules identifiées et confirmées sont en gras.

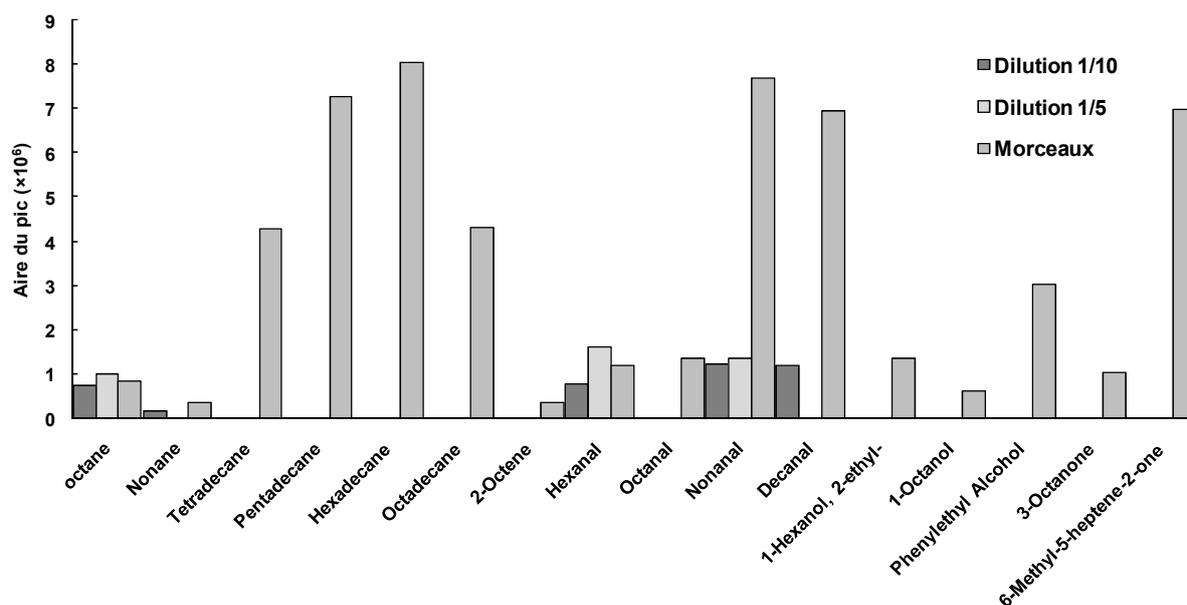


Figure 27: Composés volatils identifiés dans la datte de Deglet-Nour à partir des différents modes d'extraction par la technique SPME

L'intégration et l'identification des pics du chromatogramme de la datte Deglet-Nour par le biais du logiciel MSD ChemStation, a montré la présence des 45 composés volatils (Tableau 24) dont 24 molécules seulement ont été identifiées en se basant sur les spectres de masse. Mais, l'utilisation de l'indice de Kovast pour confirmer l'identification des composés d'arôme de la datte a minimisé le nombre de ces molécules à 16 composés volatils à cause,

Résultats

d'une part, de la difficulté du calcul de l'indice de Kovast pour les molécules qui portent un nombre d'atomes de carbone inférieur à 8 en raison de l'utilisation d'une série d'alcane limitée (C₈ à C₂₀). Cette série d'alcane de référence est la seule disponible et elle est utilisée dans le laboratoire d'analyse des arômes au niveau du centre international de recherche pour l'agriculture et le développement (CIRAD, Montpellier, France). D'autre part, l'absence des indices de Kovast publiés pour certaines molécules identifiées par le logiciel, sur les bases de données agréées dans le centre de recherche (Flavornet et Pherobase) empêche la comparaison entre les deux indices de Kovast (calculé et publié) et conséquemment la confirmation des composés volatils préalablement identifiés. Aussi, l'identification des composés volatils qui constituent l'arôme d'un fruit est l'étape la plus délicate au cours d'une analyse des arômes.

En effet, les molécules confirmées peuvent être le sujet d'une interprétation et le reste des composés séparés demeure inconnu et incertain nécessitant une identification à l'avenir en utilisant une série d'alcane étendue comprenant un nombre de carbone inférieur à 8 et en profitant du progrès des techniques d'analyse et d'identification.

Selon nos analyses qui ont été faites (Figure 27), l'arôme de la variété de la datte Deglet-Nour est composé de 16 molécules volatiles bien identifiées (octane, nonane, tétradécane, pentadécane, hexadécane, octadécane, 2-octène, hexanal, octanal, nonanal, décanal, 2-éthyl-1-hexanol, 1-octanol, alcool phényléthylique, 3-octanone, 6-méthyl-5-heptène-2-one) appartenant aux familles des alcanes, des alcènes, des aldéhydes, des alcools et des cétones.

Par ailleurs, l'extraction des composés d'arôme, à partir des morceaux de la datte Deglet-Nour, a permis plus d'adsorption des molécules volatiles par la fibre de SPME et en conséquence, l'obtention d'un rendement d'extraction (relatif au nombre et l'aire des pics des molécules identifiées) plus élevé que ceux des dilutions 10% et 20%, sachant que l'extraction et l'analyse se sont déroulées dans les mêmes conditions analytiques.

2.2. Extraction des composés aromatiques de la datte Deglet-Nour par la technique SAFE

La production de la mousse au cours de l'extraction des composés volatils de la datte Deglet-Nour par la technique d'évaporation des arômes assistée par solvant (SAFE) a handicapé l'utilisation de cette technique et a nécessité l'intervention soit des agents anti-moussants qui ont été indisponibles au laboratoire d'analyse des arômes du centre

Résultats

international de recherche pour agriculture et développement (CIRAD) ou la modification du protocole d'extraction des variétés étudiées de dattes algériennes par la technique SAFE et ce que nous avons fait. Mais, malheureusement cette démarche n'a pas donné des résultats satisfaisants, malgré l'utilisation du même mélange de solvants (2 v pentane + 1 v dichlorométhane), de la même force d'agitation et de centrifugation. Les résultats ont été principalement constitués de plusieurs pics de mauvaise qualité (Figures 44-52 dans les Annexes).

3. Caractérisation des arômes des variétés de dattes algériennes de faible valeur marchande

3.1. Composés aromatiques des variétés étudiées

L'analyse de l'espace de tête par le système SPME-GC-MS des huit variétés de la datte algérienne au stade Tamr (dernier stade de maturation), ont permis de caractériser 61 composés volatils (Tableau 25) dont certains ont été précédemment identifiés dans d'autres variétés de dattes.

Tableau 25: Classification des composés volatils des huit variétés de la datte algérienne selon leurs familles chimiques et leurs indices de rétention linéaire

Composés volatils	I.R.L. ^b	BQ	GH	HA	HO	TAN	LI	TIN	TIM
Alcools									
2-propanol	516	+	-	-	+	-	+	-	+
1-butanol	659	-	-	-	-	+	-	-	-
alcool isopentylique	763	+	-	+	+	+	+	+	+
1,3-butandiol	788	-	+	+	+	+	-	+	-
2,3-butandiol	789	+	+	+	+	+	+	+	-
1-hexanol ^{d,e}	873	+	-	+	-	-	+	-	+
1-octen-3-ol ^d	980	-	+	-	-	+	+	+	-
3-éthyl-1-hexanol	1033	-	-	+	+	+	-	+	-
2-octen-1-ol	1071	-	-	-	-	-	+	-	-
1-octanol ^{c,d,e}	1072	-	-	-	-	-	+	-	-
alcool phényléthylique	1110	+	-	-	+	-	-	-	-
(E)-2-nonen-1-ol	1171	-	+	+	+	+	-	+	+
1-nonanol ^f	1174	+	+	-	-	-	-	-	-
1-décanol	1273	-	-	-	-	-	-	+	+
Esters									
acétate d'éthyle ^e	614	+	+	+	+	+	+	+	+
acétate d'isopentyle	878	+	-	-	-	-	-	-	-
hexanoate d'éthyle	998	+	-	-	-	-	-	-	+
heptanoate d'éthyle	1097	+	-	-	-	-	-	-	-
octanoate de méthyle	1127	-	-	-	-	-	+	-	-
octanoate d'éthyle	1195	+	-	-	-	-	+	-	+
acétate 2-phényléthyle	1258	+	-	-	-	-	-	-	-
nonanoate d'éthyle	1297	+	-	-	-	-	-	-	+
décanoate de méthyle	1327	+	-	+	-	-	+	-	-

Résultats

Tableau 25 (Suite)

Composés volatils	I.R.L.^b	BQ	GH	HA	HO	TAN	LI	TIN	TIM
propanoate 2-éthyl-3-hydroxyéthyl 2-méthyle	1372	-	-	-	-	-	+	-	-
décanoate d'éthyle	1395	+	-	-	-	-	+	+	+
dodécanoate de méthyle	1526	+	-	-	-	-	+	-	-
dodécanoate d'éthyle	1596	+	-	-	-	-	-	-	-
tétradécanoate de méthyle	1727	-	-	+	-	-	+	-	-
tétradécanoate d'éthyle	1796	+	-	-	-	-	-	-	+
Aldéhydes									
hexanal ^{c,d,e}	804	-	-	+	-	+	+	+	+
(Z)-4-hepténal	902	-	-	-	-	-	-	-	+
octanal ^{c,d,e}	1003	+	+	+	+	+	-	-	+
(Z)-2-octénal	1048	-	-	-	-	-	+	-	-
(E)-2-octénal	1063	-	-	-	-	-	+	-	-
nonanal ^{c,d,e}	1102	+	+	+	+	+	+	+	+
(E)-2-nonénal	1162	-	-	+	-	-	-	-	-
décanal ^d	1206	+	+	+	+	+	+	+	+
β-cyclocitral	1222	+	-	+	+	-	+	+	-
(E)-2-décénal	1266	-	+	-	-	-	-	-	-
undécanal	1308	-	+	+	-	+	-	+	+
dodécanal	1409	-	+	+	+	-	+	+	+
Terpenoids									
limonène ^e	1032	-	+	-	-	+	-	-	-
acétate d'isobornyle	1287	+	-	-	-	-	+	+	-
acétate (E,E)-farnésyle	1843	-	-	-	-	-	+	+	+
Cétones									
6-méthyl-5-hepten-2-one ^{d,e}	987	-	+	+	+	+	+	+	+
2-undécanone ^c	1293	-	-	-	-	-	+	-	-
(E)-geranylacétone	1455	+	+	+	+	+	+	+	+
(E)-β-ionone	1486	-	-	-	-	-	+	-	-
Hydrocarbures Saturés									
n-dodécane	1200	-	+	-	-	-	-	-	-
n-tridécane	1300	-	+	-	+	-	-	-	+
n-tétradécane	1400	-	+	+	+	+	+	+	+
2-méthyltétradécane	1462	-	-	+	-	-	-	-	-
n-pentadécane	1500	-	+	+	+	+	+	+	+
n-hexadécane ^c	1600	-	+	+	+	+	+	+	+
n-heptadécane ^c	1700	-	+	+	+	-	+	+	-
n-octadécane	1800	-	-	-	+	-	+	+	-
Hydrocarbures insaturés									
styrène	898	+	-	-	-	-	-	-	-
(Z)-2-tridécène	1304	-	-	-	+	-	+	-	-
1-pentaécène	1492	-	-	+	-	-	-	+	-
Ether									
2-pentylefuranne	993	+	-	-	-	-	+	+	-
cis-threo-davanafuran	1415	-	-	-	-	-	-	+	-

Résultats

3.3. Composés volatils majeurs des arômes de dattes étudiées

La fraction volatile des huit variétés de la datte algérienne est principalement constituée des molécules suivantes : (*E*)-géranylacétone, acétate d'éthyle, alcool isopentylique, décanal et 2-propanol (Tableau 26).

Tableau 26: Composés volatils^a de la datte algérienne (p.cent du total) et leurs seuils de détection

Composés volatils (%)	BQ	GH	HA	HO	TAN	LI	TIN	TIM	M ± ET	Seuil de détection (µg/kg) ^f
Composés majeurs										
(<i>E</i>)-géranylacétone	1.0	40.1	31.6	27.2	18.4	13.1	30.1	14.9	22.05 ± 12.51	8.5
acétate d'éthyle	22.7	10.8	7.3	14.2	6.3	7.8	4.6	18.2	11.49 ± 6.37	
alcool isopentylique	29.3	n.d	3.3	6.3	5.8	11.6	12.0	9.8	9.76 ± 8.90	
décanal	0.3	11.3	12.0	10	11.9	4.4	9.8	10.8	8.81 ± 4.21	
2-propanol	27.1	n.d	n.d	3.3	n.d	14.4	n.d	19.3	8.01 ± 10.76	
Composés mineurs										
6-méthyl-5-hepten-2-one	n.d	10.3	2.5	6.5	5.7	2.6	5.5	3.2	4.54 ± 3.15	1.4 - 10
nonanal	0.2	4.9	3.7	6.0	9.8	1.8	5.4	4.3	4.51 ± 2.87	
2,3-butandiol	0.2	2.7	3.5	4.2	2.7	0.8	2.8	n.d	2.11 ± 1.57	2.5
<i>n</i> -tétradécane	n.d	1.0	4.4	1.6	3.3	1.4	2.4	1.2	1.91 ± 1.39	
undécanal	n.d	2.1	1.5	n.d	5.3	n.d	1.9	1.0	1.48 ± 1.77	4.5 × 10 ⁻³
<i>n</i> -pentadécane	n.d	0.5	4.0	1.7	2.1	1.8	0.6	0.7	1.43 ± 1.27	
octanal	0.3	1.0	0.7	0.6	5.6	n.d	n.d	0.8	1.13 ± 1.84	0.01
<i>n</i> -hexadécane	n.d	0.8	0.9	1.1	2.2	0.8	2.3	0.5	1.08 ± 0.79	
décanoate d'éthyle	3.7	n.d	n.d	n.d	n.d	2.1	0.7	1.5	1.00 ± 1.35	0.5
octanoate d'éthyle	3.6	n.d	n.d	n.d	n.d	1.7	n.d	2.6	0.99 ± 1.45	
(<i>E</i>)-2-nonen-1-ol	n.d	1.3	1.3	1.0	1.5	n.d	1.1	1.4	0.95 ± 0.60	0.5
1-octen-3-ol	n.d	0.7	n.d	n.d	1.6	2.5	2.1	n.d	0.86 ± 1.05	
1-hexanol	0.4	n.d	0.5	n.d	n.d	3.9	n.d	1.5	0.79 ± 1.35	0.01
<i>n</i> -heptadécane	n.d	0.9	1.6	0.8	n.d	1.3	1.7	n.d	0.79 ± 0.71	
3-éthyl-1-hexanol	n.d	n.d	0.5	0.8	3.9	n.d	0.6	n.d	0.73 ± 1.32	0.5
alcool phényléthylique	2.9	n.d	n.d	2.9	n.d	n.d	n.d	n.d	0.73 ± 1.34	
dodécanal	n.d	0.8	1.9	1.0	n.d	0.5	1.1	0.4	0.71 ± 0.63	0.5
hexanal	n.d	n.d	1.2	n.d	2.0	0.6	1.3	0.5	0.70 ± 0.73	
1-pentadécène	n.d	n.d	3.7	n.d	n.d	n.d	1.5	n.d	0.65 ± 1.33	0.5
décanoate de méthyle	0.4	n.d	0.9	n.d	n.d	3.4	n.d	n.d	0.59 ± 1.18	
1,3-butandiol	n.d	0.7	1.5	1.1	0.2	n.d	0.6	n.d	0.51 ± 0.56	0.5
(<i>Z</i>)-2-octénal	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	4.0	n.d	n.d	0.50 ± 1.41	
β-cyclocitral	0.2	n.d	0.4	0.5	n.d	1.8	1.0	n.d	0.49 ± 0.63	0.5
<i>n</i> -tridécane	n.d	1.5	n.d	1.1	n.d	n.d	n.d	0.7	0.41 ± 0.60	
limonène	n.d	0.6	n.d	n.d	2.6	n.d	n.d	n.d	0.40 ± 0.91	0.5
acétate (<i>E,E</i>)-farnésyle	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1.1	1.4	0.7	0.40 ± 0.58	
2-méthyltétradécane	n.d	n.d	2.9	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.36 ± 1.02	0.5
1-butanol	n.d	n.d	n.d	n.d	2.6	n.d	n.d	n.d	0.33 ± 0.91	
acétate d'isobornyle	0.2	n.d	n.d	n.d	n.d	0.5	1.3	n.d	0.25 ± 0.45	0.5
dodécanoate de méthyle	0.2	n.d	n.d	n.d	n.d	1.8	n.d	n.d	0.25 ± 0.63	

Résultats

Tableau 26 (suite)

Composés volatils (%)	BQ	GH	HA	HO	TAN	LI	TIN	TIM	M ± ET	Seuil de détection (µg/kg) ^f
<i>n</i> -octadécane	n.d	n.d	n.d	0.7	n.d	0.7	0.6	n.d	0.25 ± 0.34	7 × 10 ⁻⁶
(<i>Z</i>)-2-tridécène	n.d	n.d	n.d	1.3	n.d	0.6	n.d	n.d	0.24 ± 0.47	
tétradécanoate de méthyle	n.d	n.d	1.3	n.d	n.d	0.6	n.d	n.d	0.24 ± 0.47	
1-décanol	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.8	0.8	0.20 ± 0.37	
nonanoate d'éthyle	1.1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.5	0.20 ± 0.40	
tétradécanoate d'éthyle	1.1	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.5	0.20 ± 0.40	
hexanoate d'éthyle	0.5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.8	0.16 ± 0.31	
octanoate de méthyle	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1.1	n.d	n.d	0.14 ± 0.38	
(<i>E</i>)-β-ionone	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	1.0	n.d	n.d	0.13 ± 0.35	
acétate d'isopentyle	0.9	n.d	0.11 ± 0.31							
(<i>E</i>)-2-octénal	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.9	n.d	n.d	0.11 ± 0.31	
Propanoate 2-éthyl-3-hydroxyethyl -2-méthyle	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.9	n.d	n.d	0.11 ± 0.31	
1-octanol	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.8	n.d	n.d	0.10 ± 0.28	
2-pentyle furanne	0.2	n.d	n.d	n.d	n.d	0.5	0.7	n.d	0.09 ± 0.27	
2-octen-1-ol	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.7	n.d	n.d	0.09 ± 0.24	
1-nonanol	0.3	0.4	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.09 ± 0.16	
2-undécanone	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.7	n.d	n.d	0.09 ± 0.24	
<i>cis-threo</i> -davanafuran	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.7	n.d	0.09 ± 0.24	
<i>n</i> -dodécane	n.d	0.6	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.08 ± 0.21	8 × 10 ⁻⁵
(<i>E</i>)-2-nonénal	n.d	n.d	0.5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.06 ± 0.17	
acétate 2-phényléthyle	0.5	n.d	0.06 ± 0.17							
(<i>E</i>)-2-décénal	n.d	0.5	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	n.d	0.06 ± 0.17	
dodécanoate d'éthyle	0.5	n.d	0.06 ± 0.17							
styrène	0.4	n.d	0.05 ± 0.14							
(<i>Z</i>)-4-hepténal	n.d	0.4	0.05 ± 0.14							
heptanoate d'éthyle	0.2	n.d	0.03 ± 0.07							
Total des composés identifiés	98.4	93.5	93.6	93.9	93.5	94.2	93.9	97.0		

BQ: Bent Qbala. GH: Ghars. HA : Hamraia. HO : Houbales. TAN : Tantbouchet. LI : Litima. TIN : Tinicine. TIM : Timjouhart.

^a: exprimé en pourcentage par rapport à l'aire totale.

^f: seuil de détection déterminé dans l'eau à 20 °C.

n.d: non détecté (non identifié).

3.4. Familles chimiques des composés volatils de dattes étudiées

Le pourcentage des différentes classes chimiques des composés volatils identifiés qui constituent les arômes des huit variétés étudiées de dattes algériennes, est présenté dans la figure 29. Il est évident que la variété de Bent Qbala a la teneur élevée des alcools et des esters. Alors que, la variété de Tantbouchet est distinguée par la grande teneur des aldéhydes. Un taux important des cétones est nettement remarqué chez la variété de Ghars, alors qu'on observe essentiellement des hydrocarbures dans la Hamraia.

Résultats

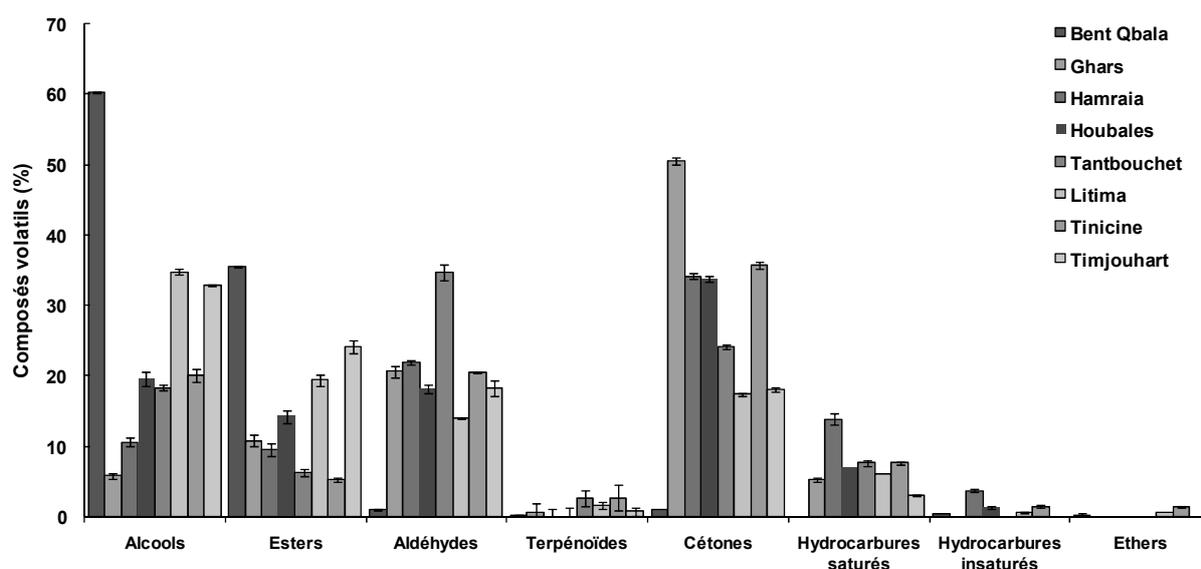


Figure 29: Groupe des composés volatils de différentes variétés de datte étudiées

3.5. Classement hiérarchique des variétés étudiées en fonction de nombre des composés volatils dans chaque famille chimique

L'analyse hiérarchique des variétés étudiées, réalisée sur la base du nombre de composés volatils dans chaque famille chimique (Figure 30), montre l'existence de deux faisceaux de variétés (distance = 0,53). Les premiers ont été constitués par Ghars, Hamraia, Houbales, Tinicine et Tanbouchet, tandis que Litima, Timjouhart et Bent Qbala contribuent au deuxième faisceau.

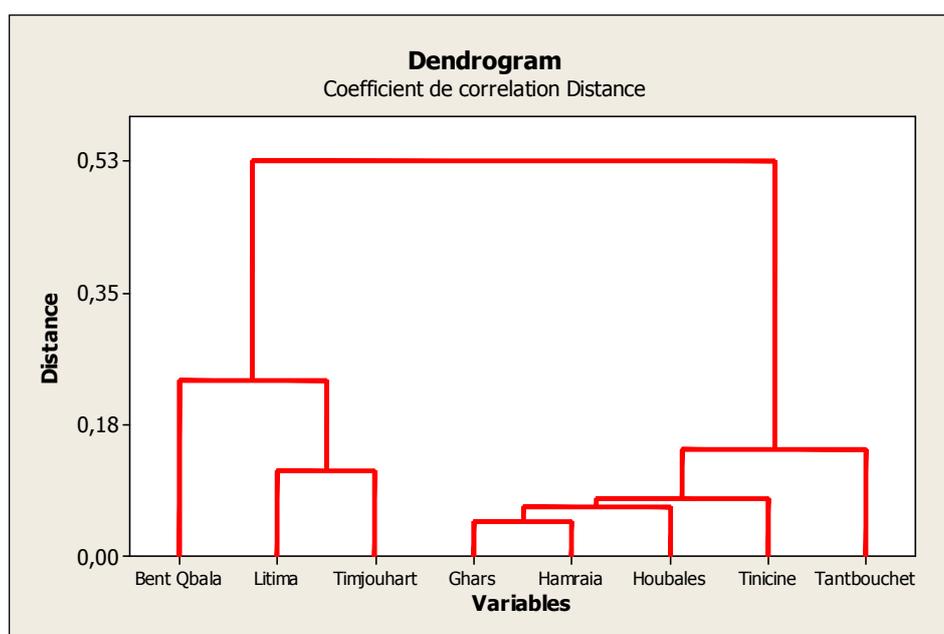


Figure 30: Classement hiérarchique ascendant des variétés de la datte algérienne selon le nombre des molécules volatiles des différentes familles chimiques

Résultats

3.6. Composition qualitative des composés volatils de la datte

L'analyse factorielle de correspondance basée sur la présence du composé aromatique dans les variétés algériennes de datte (Figure 31) a séparé les variétés étudiées en quatre groupes. Trois groupes ont été constitués par une seule variété, Bent Qbala, Litima et Timjouhart, alors que le quatrième groupe est constitué de cinq variétés, Houbales, Hamraja, Tinicine, Tantbouchet et Ghars.

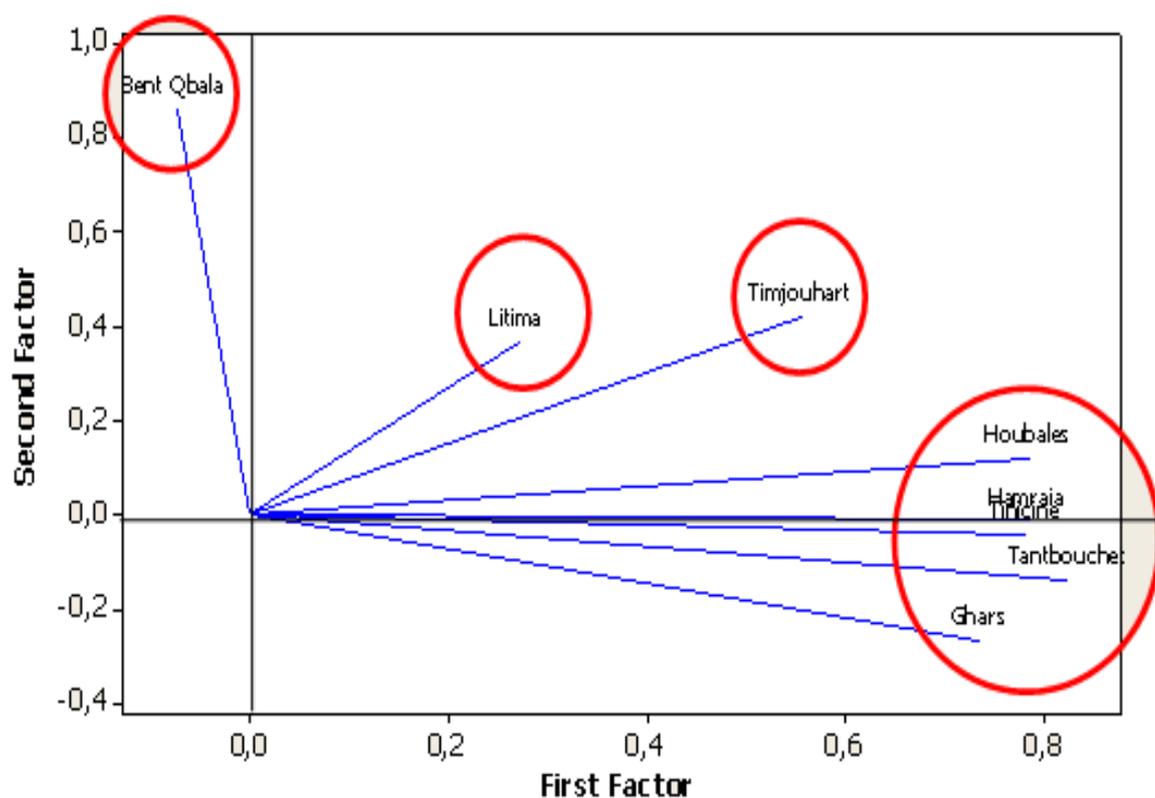


Figure 31: Analyse factorielle de correspondance en fonction de présence des composés volatils dans la datte algérienne

3.7. Composés volatils communs et spécifiques de la datte

L'analyse des composés aromatiques de datte algérienne (Tableau 27) a montré qu'il y a seulement quatre composés partagés dans toutes les variétés étudiées acétate d'éthyle, nonanal, décanal et (*E*)-géranyl acétone. D'autres composés volatils sont partagés par sept variétés et sont l'alcool isopentylique, 2,3-butandiol, 6-méthyl-5-hepten-2-one, le *n*-tétradécane, *n*-pentadécane et *n*-décahexane. Si nous prenons seulement six variétés, les composés partagés représentent l'octanal, (*E*)-2-nonen-1-ol et dodécanal. Quelques composés volatils ont été seulement identifiés dans deux variétés, tels que le 2-pentyle furanne, hexanoate éthylique, limonène, l'alcool phényléthylique, 1-nonanol, 1-décanol, nonanoate

Résultats

éthylque, (*Z*)-2-tridécène, 1-pentadécène, dodécanoate méthylique, tétradécanoate méthylique et tétradécanoate d'éthyle.

Tableau 27: Distribution des composés volatils de la datte commune algérienne

Composés aromatiques	Nombre des variétés
acétate d'éthyle ; nonanal ; décanal ; (<i>E</i>)-géranyl acétone	8
alcool isopentylique ; 2,3-butandiol, 6-méthyl-5-hepten-2-one ; <i>n</i> -tétradécane, <i>n</i> -pentadécane ; <i>n</i> -hexadécane	7
octanal ; (<i>E</i>)-2-nonen-1-ol ; dodécanal	6
1,3-butandiol ; hexanal ; β -cyclocitral ; undécanal ; <i>n</i> -heptadécane	5
2-propanol ; 1-hexanol ; 1-octen-3-ol ; 3-éthyl-1-hexanol ; décanoate d'éthyle	4
octanoate d'éthyle ; acétate d'isobornyle ; <i>n</i> -tridécane ; décanoate de méthyle ; <i>n</i> -octadécane ; acétate de (<i>E,E</i>)-farnesyle	3
2-pentyle furanne ; hexanoate d'éthyle ; limonène ; alcool phényléthylique ; 1-nonanol ; 1-décanol ; nonanoate d'éthyle, (<i>Z</i>)-2-tridécène ; 1-pentadécène ; dodécanoate de méthyle ; tétradécanoate de méthyle ; tétradécanoate d'éthyle	2
1-butanol ; acétate d'isopentyle ; styrène ; (<i>Z</i>)-4-hepténal ; (<i>Z</i>)-2-octénal ; (<i>E</i>)-2-octénal ; 2-octén-1-ol, 1-octanol ; heptanoate d'éthyle ; octanoate de méthyle ; (<i>E</i>)-2-nonénal ; <i>n</i> -dodécane, acétate 2-phényléthyle ; (<i>E</i>)-2-décénal ; 2-undécanone ; propanoate 2-éthyl-3-hydroxyéthyl 2-méthyle ; <i>cis-threo</i> -davanafuran ; 2-méthyltétradécane ; (<i>E</i>)- β -ionone ; dodécanoate d'éthyle	1

Un nombre de 19 composés partagés ont été notés entre Tinicine et Hamraia et entre Tinicine et Litima (Tableau 28).

D'ailleurs, vingt composés aromatiques spécifiques ont été identifiés; 1-butanol dans Tantbouchet ; 2-octén-1-ol, 1-octanol, octanoate méthylique, propanoate 2-éthyl-3-hydroxyéthyl 2-méthyle, (*Z*)-2-octénal, (*E*)-2-octénal, 2-undécanone et (*E*)- β -ionone dans Litima ; acétate isopentylique, heptanoate éthylique, dodécanoate éthylique, acétate 2-phényléthyle et styrène dans la variété Bent Qbala ; le (*Z*)-4-hepténal dans Timjouhart ; le 2-méthyltétradécane dans Hamraia, (*E*)-2-décénal et *n* - dodécane dans Ghars, et *cis-threo*-davanafuran dans Tinicine.

Résultats

Tableau 28 : Nombre des composés aromatiques communs dans chaque paire de variétés des dattes

Variétés	Bent Qbala	Ghars	Hamraia	Houbales	Tantbouchet	Litima	Tinicine	Timjouhart
Bent Qbala	25	7	10	10	7	15	9	13
Ghars		21	15	15	15	12	15	13
Hamraia			25	17	16	16	19	15
Houbales				22	14	16	17	14
Tantbouchet					19	12	16	13
Litima						35	19	16
Tinicine							26	16
Timjouhart								25

DISCUSSION

1. Caractéristiques morphologiques des variétés étudiées des dattes algériennes

Les variétés de dattes étudiées ont présenté des valeurs du poids, différentes à celles trouvées par **Açourene et Tama (1997)**, mais elles sont considérées de bonne qualité morphologique conformément aux critères fixés par **Açourene et al. (2001)**, **Mohammed et al. (1983)**, **Meligui et Saurial (1982)**. La datte est considérée de qualité morphologique acceptable lorsqu'elle présente des valeurs de poids entier ≥ 6 g, de poids de la pulpe ≥ 5 g, de longueur $\geq 3,5$ cm et de diamètre $\geq 1,5$ cm. **Amellal-Chibane (2007)** a noté des valeurs de poids entier de 6,06 à 7,10 g pour des variétés sèches de la datte algérienne. Le rendement en pulpe de toutes les variétés étudiées et notamment de la variété Tantbouchet et la variété Bent Qbala est intéressant, sur la base de ces critères.

Par ailleurs, **Amellal-Chibane (2007)** a déterminé les dimensions des trois variétés sèches de dattes algériennes Degla Beida, Mech Degla et Frezza, et a trouvé des valeurs de 3,51 à 4,11 cm de longueur et 1,75 à 1,96 cm de largeur. Comparativement à ces dimensions, nos échantillons sont dimensionnellement semblables à ces variétés. La comparaison avec les données des auteurs précédents montre que toutes les variétés étudiées ont des dimensions morphologiques acceptables.

Les rapports morphologiques calculés (Tableau 20), sont de valeur industrielle très importante parce qu'ils déterminent l'aptitude technologique des dattes :

-Le rapport du poids (pulpe/fruit) définit le rendement de la datte en pulpe. Ce rapport peut être considéré comme un coefficient d'utilisation qui permet de calculer la quantité réelle de la datte destinée à la fabrication des dérivés de la pulpe de datte tels que la pâte, l'exsudat et le sucre des dattes, en multipliant la quantité totale de la datte entière par le coefficient d'utilisation.

-Le rapport du poids (noyau/fruit) peut refléter le rendement de la datte en produits dérivés du noyau: la farine de noyaux torréfiés de datte utilisée comme succédané du café, la farine des noyaux de datte destinée pour l'alimentation des bétails et des autres produits à valeur ajoutée. Néanmoins, plus le rapport (noyau / datte) est faible, plus la qualité du fruit est élevée, et cela en fonction de l'objectif de production (noyau ou pulpe)

-Le rapport du poids (pulpe/noyau) exprime la qualité du fruit en matière de la chair, c'est l'un des critères de qualité recherché chez le consommateur. La variété Tantbouchet est la plus charnue par rapport aux autres variétés. Cette variété a présenté le rendement en pulpe le

Discussion

plus élevé (93,61%), ce qui révèle son aptitude technologique en pâte, en jus, en rob, etc. Cependant, la variété Houbales est la plus importante en matière du noyau, elle a un rendement en noyau le plus grand, de l'ordre de 13,88. **Amellal-Chebane (2007)** a calculé également les rapports morphologiques des variétés Degla Beida, Mech Degla et Frezza, et a trouvé des valeurs comprises entre 79,15 et 88,28% pour le rapport (pulpe/datte) et 1,8 à 2,10 pour le ratio (longueur/largeur). Ces valeurs sont similaires aux valeurs trouvées dans les variétés étudiées dans cette étude.

-Le rapport longueur/diamètre nous permet de caractériser la forme de la datte, elle tend vers la forme ovoïde allongée si ce rapport est grand, et vers la forme ovoïde arrondie s'il rapproche de la valeur 1. Les dattes se trouvent à différentes formes selon les variétés, de la forme ronde à la forme subcylindrique en passant par la forme ovoïde et ovoïde allongée. A cet effet, nous pouvons considérer la forme ronde comme la forme initiale car elle est la plus proche de celle de la datte durant les premières phases de son développement. La forme de la datte est principalement influencée par le facteur génétique et à moindre degré par les facteurs extérieurs de développement de la datte tels que les conditions climatiques, l'irrigation et le traitement pré-récolte des régimes.

2. Caractéristique organoleptique des variétés des dattes étudiées

La plupart des variétés étudiées des dattes algériennes, ont un goût aromatisé acceptable ce qui révèle leur potentiel aromatique et leur aptitude à l'extraction des arômes naturels de la datte afin de les exploiter dans l'aromatisation des autres produits alimentaires tels que les produits laitiers, les boissons et les biscuits. **Amellal-Chebane (2007)** a utilisé la farine des dattes sèches pour édulcorer et aromatiser naturellement un yaourt. Les variétés Houbales, Tantbouchet et Ghars ont offert un goût moins aromatisé par rapport aux autres variétés. Cela peut être dû à la perte des arômes au dernier stade de la maturation (*Tamr*) dans ces variétés suite à leur volatilité, car cette phase de maturation est caractérisée par une déshydratation partielle des dattes, selon leurs consistances ultimes (**Al-Arem et al., 2012**). Ce phénomène est conditionné par le facteur génétique lié à la variété et les facteurs environnementaux tels que la température et l'humidité relative de l'air pendant la maturation.

La caractérisation organoleptique des variétés étudiées montre qu'il existe une analogie entre les arômes de nos échantillons avec ceux d'autres fruits. Les variétés Bent Qbala, Timjouhart et Litima présentent un arôme légèrement analogue à celui de la banane et d'ananas. Cependant, les autres variétés ont une analogie avec les agrumes et la tomate. Cette

Discussion

analogie peut être due à la présence des composés volatils communs entre les variétés étudiées et ces fruits.

3. Caractéristiques physico-chimiques des variétés étudiées des dattes algériennes

3.1. Teneur en humidité

Selon **Daas Amiour (2009)**, les valeurs d'humidité ont été de 26,67% et de 14,17% pour la variété Hamraia et Houbales respectivement. Si on compare nos données avec ces dernières, on trouve que nos résultats sont supérieurs pour la variété Houbales (20,33%) et plus bas (21,33%) pour la variété Hamraia. En outre, la variété Ghars présente une teneur de 17,66%, c'est une valeur proche à celle de **Belguedj (2001)** et inférieure à celles de **Kaid (2007)** et de **Khenfar (2004)** qui sont égales à 19,5% et 25,4% respectivement. Cette variabilité peut être due principalement aux conditions climatiques qui diffèrent d'une région de production à l'autre et à moindre degré à l'erreur probable relative à l'état de maturation de la dattes, la période et les conditions de récolte et d'analyse.

En fait, l'humidité de la pulpe de dattes varie sensiblement d'une variété à l'autre. L'écart de variation de la teneur en eau est très élevé de 10 à 40% et étroitement dépendant à l'humidité du milieu et la situation géographique (**Booij et al., 1992**). **El-Sohaimy et Hafez (2010)** ont trouvé dans la dattes égyptienne une teneur d'humidité égale à 13,80%. De même, **Baraem et al. (2008)** ont noté des teneurs en eau de 23,2 à 23,7% des dattes de Khalas et Barhee des Emirats Arabes Unies.

Par ailleurs, la teneur en eau est un facteur clé de la conservation des dattes qui conditionne leur commercialisation. Certaines variétés possèdent des meilleures propriétés organoleptiques avec une faible valeur marchande, c'est le cas des variétés étudiées, à cause de la difficulté exprimée au cours de leur stockage. **Cheftel et Cheftel (1977)** a signalé l'importance de l'activité de l'eau (aw) pour la stabilité des aliments surtout sur le plan microbiologique. Dans certains pays comme Nigeria, on peut trouver même des variétés avec un taux d'humidité qui dépasse 60%, nécessitant un traitement du séchage pour assurer leur stabilisation (**Falade et Abbo, 2007**).

3.2. pH et acidité titrable des variétés étudiées

Ce paramètre physicochimique conditionne l'aptitude à la conservation des aliments car il est l'un des facteurs inhibiteurs de la prolifération bactérienne (**Giddey, 1982 ; Gatel,**

Discussion

1982). En général, les bactéries tolèrent des milieux avec un pH neutre de 7 à 7,7 (**Bocquet, 1982**). A cet effet, la manipulation des dattes nécessitent des conditions d'hygiène convenables pour le maintien de la stabilité de leur qualité organoleptique d'éventuelle dégradation décrite par le changement de la couleur et de la consistance et l'apparition des odeurs et de saveur indésirables. En outre, **Meligi et Sourial (1982) et Mohammed et al. (1983)** ont groupé les dattes en trois catégories en prenant en considération leur pH. Des dattes de mauvais caractère ($\text{pH} < 5,4$), des dattes à caractère acceptable ($5,4 < \text{pH} < 5,8$) et des dattes de bon caractère ($\text{pH} \geq 5,8$). Conformément à ce classement tous nos échantillons sont de bon caractère. **Besbes et al. (2009)** ont étudié les caractéristiques physicochimiques de trois dattes de la Tunisie (Allig, Deglet Nour et Kentichi), ils ont trouvé que ces dattes sont caractérisées par un pH de 5,63 à 5,79. Les dattes de la Tunisie sont aussi plus acides que les dattes algériennes.

L'acidité titrable nous renseigne sur l'état physique de la datte, une forte acidité est souvent liée à une mauvaise qualité des dattes (**Booij et al., 1992**). D'après **Al-Farsi et al. (2005)**, les acides organiques, ce sont généralement des métabolites intermédiaires des processus biologique qui sont directement impliqués dans le développement, la maturation et la sénescence de la datte. Ils influencent la prolifération des microorganismes et améliorent la qualité de conservation des produits.

3.3. Cendres et matière sèche soluble (Brix) des variétés étudiées

Les valeurs du taux de cendres de nos échantillons sont similaires à celles trouvées par **Mimouni (2009)** dans la variété Deglet Nour (2,10%). La variété Ghars possède un taux de cendres de 2,07% qui est proche de celui des dattes analysées par **Kaid (2007)**.

Selon **Youssif et al. (1982)**, les variétés Irakiennes présentent un taux de cendres compris entre 1,8 et 2,22%. Cependant, Les variétés Saoudiennes et Irakiennes renferment des teneurs en cendres plus élevées, comprises entre 2 et 4% (**Sawaya et al., 1983**). **Besbes et al. (2009)** ont trouvé dans les dattes de Tunisie (Allig, Deglet Nour et Kentichi) des taux de cendres de 1,2 à 2,69%. **Myhara et al. (1998)** ont obtenu dans les dattes Fard et Khalas omanaises des proportions de cendres de 1,60 à 1,92% MS.

El-Sohaimy et Hafez (2010) ont également noté des taux de cendres de 2,13% dans la datte égyptienne. Selon **Baraem et al. (2008)**, datte d'Emirates d'Arab (Khalas et Barhee) présentent des teneurs en cendres de 2,3 à 2,5%. La comparaison de nos résultats avec ceux de

Discussion

ces auteurs montre que nos échantillons sont de même ordre en matière de cendres. Pour la matière sèche soluble (Brix) nos résultats sont proches de ceux de **Sawaya *et al.* (1983)**, **Lambiote (1983)** et **Favier (1993)** qui sont généralement compris entre 60 et 80%. **El-Sohaimy et Hafez (2010)**, ont trouvé dans la datte égyptienne des teneurs en matière sèche soluble de l'ordre de 86,50%.

3.4. Sucre des variétés étudiées

Selon **Besbes *et al.* (2009)**, le taux de sucres totaux a été de l'ordre de 78,3 à 87,55% dans trois variétés de la datte tunisienne (Allig, Deglet Nour et Kentichi). Ces valeurs restent légèrement élevées par rapport à celles de nos variétés. Cependant, d'autres auteurs ont noté des teneurs en sucres totaux de 52,62 à 63,16% pour les variétés Allig, Deglet Nour, Gosbi, Degla et Horra (**El-Arem *et al.*, 2011**).

D'autre part, la teneur en sucres dans le fruit de la datte varie en fonction de plusieurs facteurs tels la variété, le stade de la maturation et les conditions climatiques de la zone de production (**Munier, 1973 ; Nixon et Carpenter, 1978, Sawaya *et al.*, 1983**). Ceci explique la différence des teneurs notée pour les mêmes variétés suivant les auteurs. Les données rapportées par les différents auteurs dépendent en partie également de la méthode d'analyse utilisée. Généralement, la teneur en sucres totaux dans les dattes s'étale de 50 à 80% en fonction de plusieurs facteurs agro-techniques et biologiques.

Les teneurs en sucre réducteurs de nos échantillons sont en accord avec celles obtenues par les auteurs **Açourène *et al.* (2001)**. D'autres auteurs ont déterminé les teneurs en sucres réducteurs dans les dattes tunisiennes, et ont trouvé des valeurs de 29,32 à 57,56% (**El-Arem *et al.*, 2011**). Ces valeurs sont sensiblement élevées à celles trouvées dans notre étude et cela peut être due à la variabilité variétale. La teneur en sucres réducteurs dans les dattes a été notée dans la littérature, elle est généralement comprise entre 25 à 60% (**Reynes *et al.*, 1994, Ahmed *et al.*, 1995 ; Açourène *et al.* 2001**). En outre, **Baraem *et al.*, 2008** ont rapporté même une valeur de 69,9 à 75,2% de sucres réducteurs dans les variétés Khalas et Barhee des Emirats Arabes Unies.

Par ailleurs, la composition qualitative de la teneur en sucres est liée à la consistance de la datte. D'après **Khatab *et al.* (1983)**, les variétés molles sont très riches en sucres réducteurs, les variétés demi molles renferment, autant de saccharose que de sucres réducteurs. Cependant, les variétés sèches sont souvent riches en saccharose.

D'autre part, selon **Al-Farsi *et al.* (2005)**, les sucres réducteurs de la datte sont représentés principalement par le glucose et le fructose. **El-Arem *et al.* (2011)** ont rapporté la

Discussion

similitude des deux teneurs de glucose et de fructose dans les dattes tunisiennes étudiées (Allig, Degla, Horra et Gosbi).

Les teneurs en saccharose sont clairement supérieures à celles notée par **Myhara et al., (1998)** 0,57% et 0,53% respectivement , pour les deux variétés de dattes omanaises Khalas et Fard. Nos échantillons renferment des teneurs largement plus élevé par rapport aux celles des auteurs. **Besbes et al. (2009)** ont rapporté des teneurs en sucres non réducteurs de 10,97%, pour la variété tunisienne Allig et 53,59% et 58,40% pour Deglet Nour et Kentichi respectivement. **El-Arem et al., (2011)** ont également rapporté les teneurs en saccharose, elles se sont étalées de 17,86% à 33,32%.

3.5. Lipides totaux des variétés étudiées

Les teneurs en lipides totaux obtenues à partir de nos échantillons sont harmonisés avec ceux mentionnés dans la littérature. **Sawaya et al. (1982)** ont noté des teneurs en lipides comprises entre 0,02 et 0,1% dans les variétés de datte saoudienne. Ainsi, **Youssif et al. (1982)** ont obtenu à partir des variétés Irakiennes des teneurs en lipide comprises entre 0,1 et 0,2%. De même, **Imad et al. (1995)** ont trouvé des valeurs de lipides de l'ordre de 0,05 à 0,2% dans des variétés de la datte d'Emirats arabes unis. **Benchabane (2007)** a enregistré une valeur de lipides totaux égale à 1,21% MS dans la variété Deglet Nour d'Algérie. **El-Arem et al. (2011)** ont rapporté des valeurs en lipides totaux de 0,15% à 0,5% MF pour les dattes tunisiennes au dernier stade de maturation (*Tamr*). Par ailleurs, selon **Barreveld (1993)**, une proportion de 2,5 à 7,4% des lipides de dattes sont des cires résidantes dans son épicarpe et jouent un rôle principalement physiologique dans la protection du fruit.

En outre, les dattes contiennent d'autres composés organiques différents des sucres et des lipides, ce sont les protéines. Dans la littérature, la teneur en protéines dans les dattes mûres (stade de *Tamr*) est en général de l'ordre de 0,9% à 5% (**Sawaya et al., 1983 ; Al-Hooti et al., 1997 ; Al-Farsi et al., 2007 ; Besbes et al., 2009 ; El-Arem et al., 2011**). De même, **Noui (2006)** a enregistré une teneur en protéines de 2,46% dans la variété Mech Degla. **Amellal-Chibane (2007)** a noté des valeurs de protéines de l'ordre de 2,51% et 2,62% pour les variétés Degla Beida et Freeza respectivement. Les dattes d'Emirats Arabes présentent des valeurs de protéines comprises entre 1,9% et 3% (**Ahmed et al., 1995**). Ces teneurs sont proches à celles des dattes algériennes.

Par ailleurs, la teneur en protéines est élevée dans le tissu pigmenté des variétés Freeza et Degla-Beida. Cependant, le tissu blanc de la variété Mech-Degla contient plus de

Discussion

protéines que le tissu pigmenté (**Amellal-Chibane, 2007**). D'autre part, le taux de protéines dans les dattes évolue en fonction des stades de maturation. Selon **Benchabane (2007)**, la teneur en protéines dans la datte Deglet Nour diminue progressivement au cours de la maturation du fruit. Cette diminution continue à la surmaturation d'où l'intérêt de respecter la période de maturation afin de préserver la qualité nutritionnelle du fruit. Toutefois, les protéines solubles croissent continuellement au cours de la maturation pour atteindre un taux de 12 fois supérieur à celui du stade vert. De même, **El-Arem et al., (2011)** a noté que le taux de protéines de dattes tunisiennes augmente au cours de la maturation. Cette augmentation peut être due à l'activité des enzymes telles que la cellulase et la polygalacturonase qui jouent un rôle dans le ramollissement du fruit.

Par ailleurs, selon la littérature les protéines de dattes sont qualitativement équilibrées en vu de leur composition qui correspond aux besoins de l'organisme (**Reynes et al., 1994 ; Ahmed et al., 1995**).

3.6. Corrélation des caractéristiques physicochimiques et organoleptique des variétés de la datte étudiée

Il est intéressant de noter que certains paramètres physicochimiques sont corrélés. La corrélation négative entre l'humidité, les sucres totaux, la matière solide soluble (Brix) et les acides organiques disponibles (acidité titrable) peut être due à l'effet négatif de la dilution sur la concentration des molécules organiques dans le fruit. En outre, la corrélation positive entre le taux des sucres totaux ou sucres non réducteurs et l'acidité titrable peut s'expliquer par l'oxydation des sucres (aldoses ou cétooses) en acides organiques. De même, la corrélation positive entre l'acidité titrable et le Brix peut provenir du fait que le degré Brix est la concentration en pourcentage de toute la matière sèche soluble dans une solution (extrait sec) et les acides organiques en font partie.

Cependant, la corrélation positive entre l'acidité titrable et le goût parfumé de la datte peut être due à la participation des acides organiques ou les enzymes d'oxydation dans la biosynthèse d'arôme de la datte. Ainsi, la corrélation positive entre le saccharose et les sucres totaux est évidente car le saccharose fait partie déjà des sucres totaux. La corrélation positive entre le Brix et le saccharose peut être due à la participation efficace de ce diholoside à cet indice par rapport aux sucres réducteurs.

4. Optimisation du protocole d'extraction des arômes de la datte Deglet Nour

L'objectif des tests réalisés était d'adopter un protocole d'extraction convenable pour les composés aromatiques des variétés étudiées, en utilisant la variété Deglet-Nour qui est très répandue dans le marché. Les tests réalisés sur un échantillon commercial de la datte Deglet-Nour ont montré que l'utilisation de la pulpe découpée en morceaux a un rendement et plus efficace pour l'extraction des composés aromatiques de la datte par la technique de micro-extraction en phase solide (SPME) et leur analyse par le système de la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS) que la dilution de l'échantillon. Les dilutions 10% et 20% de la matrice de la datte qui est très riche en sucre n'optimise plus l'extraction et l'analyse des composés volatils responsables de son arôme. La technique SAFE n'est pas convenable pour l'extraction des composés volatils de la datte et nécessite l'intervention d'un agent anti-moussant, non volatil pour éviter la pollution de l'extrait volatil de la datte.

Les résultats obtenus indiquent que l'extraction à sec, à partir des morceaux de pulpe réduits, par la technique de micro-extraction en phase solide (SPME), est la méthode la plus convenable pour extraire et étudier les composés aromatiques des dattes.

5. Sensibilité et fiabilité de la méthode d'extraction des arômes (SPME)

Ces dernières années, la micro-extraction en phase solide (SPME) est une technique d'extraction des composés aromatiques très utilisée dans le domaine des arômes principalement en raison de sa simplicité, sa rapidité, son efficacité et des possibilités d'automatisation ainsi que son meilleur rendement analytique. Une fibre d'adsorption peut être réutilisée 50 fois si elle est bien protégée et entretenue, ce qui diminue le coût de l'extraction et augmente la rentabilité de cette méthode. Par ailleurs, la limite de détection de la technique SPME est très satisfaisante, elle est de l'ordre de 0,2 ppb pour l'hexanal (étalant utilisé) ce qui montre la sensibilité de cette technique. La précision et la reproductibilité de cette technique est importante car l'écart type relatif (coefficient de variation) d'extraction ne dépasse pas 10%, il est de l'ordre de 8% pour l'étalant utilisé.

En outre, l'utilisation de la technique SPME pour l'extraction des composés aromatiques des 8 variétés de datte algérienne a permis l'extraction de 19 composés volatils qui sont disponibles en pourcentage très faible inférieur à 1% tels que heptanoate d'éthyle, (*Z*)-4-hepténal, styrène, dodécanoate d'éthyle, (*E*)-2-décenal, acétate de 2-phényléthyle, (*E*)-

Discussion

2-nonéanal, *n*-dodécane, *cis-threo*-davanafuran, 2-undécanone, 1-nonanol, 2-octen-1-ol, 2-pentyl furanne, 1-octanol, propanoate de 2-éthyl-3-hydroxyéthyl-2-méthyle, (*E*)-2-octéanal, acétate d'isopentyle, hexanoate d'éthyle, *n*-octadécane. Ceci montre nettement et indubitablement la sensibilité de cette technique qui peut être utilisée pour l'analyse des composés existants en traces. D'autre part, la comparaison entre le nombre des composés identifiés à partir de deux techniques d'extraction SPME et SAFE révèle le rendement analytique et l'efficacité de la technique SPME qui a montré, après l'analyse par le système GC-MS, la présence de 61 composés volatils dans les arômes de datte algérienne, contre uniquement 5 composés aromatiques donnés par la technique SAFE.

Selon **Jelen *et al.* (2012)**, la technique SPME est très appliquée pour l'extraction des arômes de différentes matrices alimentaires, mais la majorité des applications utilisent cette technique dans un but quantitatif ou semi-quantitatif. Elle peut être réalisée pour surveiller les processus technologiques utilisant des substances volatiles où la comparaison des pics est souvent suffisante pour détecter des changements. La combinaison de l'espace de tête (Headspace) et de SPME, à cause de la complexité des matrices alimentaires, est presque exclusivement utilisée dans le domaine des arômes alimentaires.

La micro-extraction en phase solide (SPME) a prouvé sa pertinence en tant que méthode quantitative fournissant des limites de détection et des paramètres de méthode satisfaisants pour les applications les plus exigeantes en matière de détection de saveurs. C'est une technique d'extraction sans solvant organique ce qui rend son coût modéré (**Schmitt *et al.*, 2005**).

6. Caractérisation des arômes des huit variétés étudiées des dattes algériennes

6.1. Composés aromatiques

Comparativement aux études précédentes de **Jaddou *et al.* (1984)** pour la variété irakienne Zahdi (38 composés volatils), **Reynes *et al.* (1996)** pour les variétés tunisiennes Alligh, Deglet Nour et Kentichi (36 composés volatils), **Harrak *et al.* (2005)** pour les variétés marocaines Aziza, Boufeggous, Bouskri, Bousthammi noir, Iklane, Jihel, Mejhoul et Najda (47 composés volatils), **Lebrun *et al.* (2007)** pour les variétés marocaines Ademou, Bousthammi noir, Boufeggous, Bouslikhène, Bouskri, Jihel, Oum N'hal et Saïr- Layalate, 48 composés volatils spécifiques ont été identifiés exclusivement dans les dattes algériennes et peuvent les caractériser.

Discussion

Jaddou *et al.* (1984) ont étudié leur échantillon par une distillation à basse température et pression et ayant utilisé la chromatographie en phase gazeuse. Ils ont identifié dans la datte irakienne onze acides gras libres volatils en plus de 27 composés. Sept similitudes ont été remarquées avec nos échantillons (Tableau 25, apostille c) : trois des cinq aldéhydes, deux des six hydrocarbures saturés, un des cinq alcools et seulement un des six cétones antérieurement identifiées dans cette étude : hexanal, octanal, nonanal, *n*-hexadécane, *n*-heptadécane, 1-octanol et 2-undécanone. Cependant, aucun des deux hydrocarbures insaturés et aucun des trois phénols révélés dans la variété irakienne Zahdi n'ont été identifiés dans notre étude. De même, **Reynes *et al.* (1996)**, par la méthode d'extraction au pentane et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (GC-MS), ont identifié onze alcools, seize aldéhydes, trois terpénoïdes et six cétones. Les composés volatils partagés avec nos variétés de datte algérienne étaient hexanal, octanal, nonanal, décanal, 1-hexanol, 1-octen-3-ol, 1-octanol et 6-méthyl-5-hepten-2-one. Aucun terpénoïde identifié par ces auteurs n'a été trouvé dans le profil volatil de nos échantillons.

Harrak *et al.* (2005) ont étudié la composition aromatique de quelques variétés de la datte marocaine et ayant utilisé le piégeage dynamique de l'espace de tête et de micro-onde pour l'extraction et la chromatographie gazeuse/spectrométrie de masse pour l'identification. Ils ont détecté douze alcools, treize aldéhydes, neuf cétones, sept hydrocarbures insaturés, deux terpénoïde, deux esters, acide trichloracétique et bromo-dichloro-méthane. Nous avons observé huit de ces volatiles dans l'arôme de datte algérienne étudiée (1-hexanol, 1-octanol, hexanal, octanal, nonanal, 6-méthyl-5-hepten-2-one, limonène et acétate d'éthyle).

EL-Arem *et al.* (2011, 2012) ont analysé les composés volatils de huit variétés tunisiennes par la microextraction en phase solide (SPME) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse. Ces auteurs ont identifié 95 composés aromatiques, en particulier 21 alcools, 24 esters, 13 aldéhydes, 16 terpénoïdes, 6 cétones, 7 hydrocarbures saturés, 6 hydrocarbures insaturés, butyrolactone et pyrazine 2,5-diméthyl. Parmi ces molécules, 44 composés aromatiques ont été retrouvés dans la présente étude, c'est-à-dire neuf alcools (1-octanol, 1-hexanol, 1-octen-3-ol, 2-propanol, 1,3-butandiol, 2,3-butandiol, alcool phényléthylique, 1-nonanol, alcool isopentylique), dix esters (acétate éthylique, hexanoate éthylique, heptanoate éthylique, octanoate éthylique, acétate 2-phényléthyle, nonanoate éthylique, décanoate éthylique, dodécanoate éthylique, tétradécanoate éthylique, acétate isopentylique), onze aldéhydes (hexanal, octanal, nonanal, décanal, (*Z*)-2-octénal, (*E*)-2-octénal, (*E*)-2-nonenal, (*E*)-2-décenal, undécanal, dodécanal, β -cyclocitral), deux terpénoïdes (limonène, l'acétate d'isobornyle), six

Discussion

hydrocarbures saturés (*n*-décahexane, *n*-heptadécane, *n*-dodécane, *n*-tridécane, *n*-tétradécane, *n*-pentadécane), quatre cétones (2-undécanone, 6-méthyl-5-hepten-2-one, (*E*) β-ionone, (*E*)-géranylacétone), et deux hydrocarbures insaturés ((*Z*)-2-tridécène, 1-pentadécène).

Par ailleurs, la méthode d'identification des composés volatils utilisée dans notre étude a permis d'identifier les molécules qui constituent la fraction volatile des variétés étudiées au pourcentage total qui s'étale de 93,5% dans les variétés Ghars et Tantbouchet à 98,4% dans la variété Bent Qbala (Tableau 26).

6.2. Composition volatile majeure des arômes des variétés étudiées

Cinq composés d'arôme, (*E*)-géranylacéone, acétate d'éthyle, alcool isopentylique, décanal et 2-propanol représentent une proportion de 60,12% de la composition aromatique totale des variétés Bent Qbala, Ghars, Hamraia, Houbales, Tantbouchet, Litima, Tinicine et Timjouhart. Ces molécules sont considérées comme les composés aromatiques majeurs des dattes algériennes étudiées et pourraient être responsables de leurs saveurs. Les 56 composés qui restent sont considérés comme des molécules mineures.

En outre, la participation des composés volatils dans l'arôme de fruit est conditionnée par leurs concentrations et leurs caractéristiques organoleptiques associées à leur seuil de détection exprimé en µg/kg (**Crouzet, 1998**). Il existe des molécules très puissantes où elles nécessitent une petite quantité pour avoir un effet sur l'arôme du fruit telles que (*E*)-2-nonéanal (8×10^{-5} µg/kg), (*E*)-β-ionone (7×10^{-6} µg/kg) et à moindre degré l'hexanal ($4,5 \times 10^{-3}$ µg/kg). Cependant, d'autres composés ont besoin de plus de concentration pour être détectés par le nez humain comme le limonène (0,01 µg/kg), le 1-butanol (0,5 µg/kg), le 1-hexanol (2,5 µg/kg), le 1-octen-3-ol (1,4 à 10 µg/kg) et l'acétate d'éthyle (8,5 µg/kg) (Tableau 26). Selon **Crouzet (1998)**, pour de nombreux aliments, l'arôme ne peut être reproduit que par un nombre important des composés et pour d'autres produits alimentaires, il est représenté par un nombre limité des composés volatils.

6.3. Familles et structures chimiques des composés volatils de la datte

Selon **Fernandez et Cabrol-Bass (2007)**, presque toutes les fonctions chimiques des composés volatils sont représentées dans l'arôme des produits alimentaires : alcools, aldéhydes, esters, éthers, phénols, dérivés de soufre et hétérocycles. Dans nos échantillons, les composés volatils identifiés appartiennent à huit familles chimiques ; alcools, , aldéhydes, terpénoïdes, cétones, hydrocarbures saturés, hydrocarbures insaturés et éthers dont les esters, les alcools, les aldéhydes et les hydrocarbures saturés sont les plus nombreux (Tableau 25), mais quantitativement, les cétones et les alcools ainsi que les esters et les aldéhydes sont les molécules chimiques dominantes dans l'arôme des variétés étudiées (Figure 29).

Discussion

Les molécules responsables de la flaveur de ces dattes se composent d'une chaîne d'hydrocarbure qui est linéaire dans la plupart des composés volatils identifiés tels que 1-butanol, (*E*)-2-nonen-1-ol, alcool isopentylique, acétate d'éthyle, décanoate de méthyle, tétradécanoate de méthyle, nonanal, (*E*)-2-décenal, dodécanal et acétate de (*E,E*)-farnesyle. Cependant, il existe quelques molécules cycliques comme limonène, acétate d'isobornyle, (*E*)- β -ionone et β -cyclocitral ou ayant un cycle aromatique à l'exemple de 2-pentyl furanne, *cis-threo*-davanafuran, styrène et alcool phényléthylique (2-phényléthanol).

6.4. Biosynthèse des composés volatils de la datte

Les composés aromatiques identifiés dans cette étude pourraient être obtenus par plusieurs mécanismes Selon **Crouzet (1998)**, ils sont constitués par quatre voies différentes : la biosynthèse, les voies enzymatiques directes et indirectes (oxydatives) et la voie pyrolytique. Les esters identifiés dans les dattes étudiées: acétate d'éthyle, acétate d'isopentyle, hexanoate d'éthyle, heptanoate d'éthyle, octanoate de méthyle, octanoate d'éthyle, 2-acétate de phényléthyle, nonanoate d'éthyle, décanoate de méthyle, propanoate de 2-éthyl-3-hydroxyéthyl-2-méthyle, décanoate d'éthyle, dodécanoate de méthyle, dodécanoate d'éthyle, tétradécanoate de méthyle et tétradécanoate d'éthyle pourraient être produits par la réaction entre l'acyl-CoA et des alcools. Cette réaction est catalysée par l'enzyme alcool acyl transférase (AAT) (**Pérez et al., 1997**).

Les aldéhydes identifiés dans nos échantillons pourraient être formés par l'autoxydation des acides gras. Le nonanal et le décanal sont formés par l'autoxydation d'acide oléique. L'hexanal, (*E*)-2-octénal, (*E*)-2-nonénal sont produits par l'autoxydation d'acide linoléique (**Belitz et al., 2009**). La réduction des aldéhydes pourrait conduire à la production des alcools primaires tels que 1-butanol, 1-hexanol et 1-octanol (**Bouvier et al., 2005**).

Les cétones identifiées: 6-méthyl-5-hepten-2-one, (*E*)-géranylacétone et (*E*)- β -ionone pourraient être formées par le métabolisme des caroténoïdes. La dégradation thermique des β -carotènes pourraient mener également à la formation de ces molécules (**Goff et Klee, 2006**). Le chauffage dans un milieu aqueux du lycopène conduit à la formation 6-méthyl-5-hepten-2-one (**Crouzet, 1998**).

La biosynthèse des monoterpènes est localisée dans les plastides tandis que les sesquiterpènes ont lieu dans le cytosol (**Bouvier et al., 2005**).

Cependant, les deux molécules monoterpènes et sesquiterpènes sont synthétisées à partir du pyrophosphate d'isopentenyl (IPP) et du pyrophosphate de diméthylallyl (DMAPP) qui sont condensés dans les précurseurs immédiats de terpènes, de géranyl pyrophosphate (GPP) et de farnésyl pyrophosphate (FPP), par un groupe d'enzymes collectivement connues

sous le nom de isoprényl diphosphate synthases à chaîne courte (IDSs) (**Wang et Ohnuma, 2000**).

6.5. Caractéristiques aromatiques des composés volatils de la datte

Les composés volatils identifiés dans les variétés étudiées n'ont pas les mêmes caractéristiques aromatiques. Les alcools apportent une grande diversité organoleptique: fruitée, herbacée, citronnée, florale et fongique (**Richard, 1992**). Le 1-butanol est caractérisé par l'odeur de la banane (TGSC, 2018). L'alcool isoamylique (alcool d'isopentyle) présente une saveur fruitée ou de banane, il réagit avec l'acide acétique pour donner l'acétate d'isoamyle (**Facundo et al., 2012**). Cette molécule volatile est dominante dans la variété de Bent Qbala (29,3%). Le 1-octanol a une saveur fruitée, de citron et de pamplemousse. Le 1-octen-3-ol présente la caractéristique aromatique florale et du miel. Le (*E*)-2-nonen-1-ol donne la saveur des champignons (**Richard, 1992**).

En outre, les aldéhydes sont caractérisés généralement par une saveur fruitée. Le nonanal présente une note olfactive diversifiée : agrume, concombre, melon, pomme de terre et noix de coco. Le décanal apporte les caractéristiques olfactives suivantes : cireux, gras, écorce d'agrumes et d'orange. Mais, l'hexanal est responsable d'odeur verte herbacée (**Crouzet, 1992**) et β -cyclocitral est l'origine d'odeur de safran tropical, plantes phénoliques verte (TGSC, 2018).

Les esters sont responsables essentiellement de la saveur fruitée, plus ou moins beurrée et souvent apportent une caractéristique particulière (**Richard, 1992**). L'acétate d'éthyle est caractérisé par une note olfactive fruitée, d'ananas et de pomme. L'acétate d'isoamyle est principalement responsable de la saveur de la banane, c'est l'arôme synthétique de la banane. L'hexanoate d'éthyle et heptanoate d'éthyle apportent une saveur d'ananas (**wei et al., 2011 ; TGSC, 2018**).

D'ailleurs, les composés volatils ne participent pas au même degré à l'arôme de fruit, il y a quelques composés principaux qui contribuent fortement à l'arôme final. **Pélissier et al. (2001)** ont montré que les alcools, les alcanes, les acides et les aldéhydes étaient responsables sur la note caractéristique de l'arôme *de guineense de Dialium*. Cependant, **Lasekan et See (2015)** ont signalé que le linalol, le limonène, le 4-hydroxy-2,5-diméthyl-3(2H)-furanone, le nonanal et le (*z*)-3-hexenal ont causé les différences significatives dans les profils aromatiques des différents tamarins. Selon **Kesen et al. (2013)**, les aldéhydes tels que l'hexanal et octanal sont majoritairement actifs dans l'arôme de huile d'olive, suivis par l'alcool g α ïacol. **Jaddou et al. (1984)** ont signalé que les hydrocarbures aliphatiques identifiés, parmi les composés volatils émis par la datte Zahdi, ont probablement d'importance secondaire dans l'arôme de la

Discussion

datte. En outre, les alcools, les aldéhydes et les cétones sont les composés extrêmement importants et impliqués dans les odeurs telles que l'odeur fruitée et florale et l'odeur de citron (**Harrak et al., 2005**).

Les profils aromatiques des variétés étudiées apportent des caractéristiques organoleptiques communes avec d'autres fruits. Les variétés Ghars, Hamraia, Houbales, Tantbouchet et Tinicine sont caractérisées par les saveurs de la tomate et des agrumes. Cette similitude dans les arômes est due à la présence des composés aromatiques communs entre les variétés étudiées, la tomate et les agrumes. Dans la littérature, la saveur de la tomate et des agrumes proviennent essentiellement de la présence de β -ionone, (*E*)-géranyl acétone et 6-méthyl-5-hepten-2-one, hexanal et trans-2-hexenal pour la tomate, et des composés : limonène, octanal, nonanal, décane, linalool, β -myrcène et butanoate d'éthyle pour les agrumes (**Farneti et al., 2015; Goff et Klee 2006 ; Qiao et al., 2008**). La caractérisation aromatique des variétés Ghars, Hamraia, Houbales, Tantbouchet et Tinicine montre que ces variétés renferment des composés aromatiques communs avec la tomate et les agrumes tels que (*E*)-géranyl acétone, 6-méthyl-5-hepten-2-one, limonène, hexanal, décane, octanal et nonanal, mais à des proportions différentes ce qui conduit à la similitude avec la saveur de la tomate et des agrumes.

Les profils volatils des variétés Bent Qbala, Timjouhart et Litima présentent une caractéristique aromatique semblable à la banane et l'ananas. Ils renferment les composés aromatiques suivants : l'alcool d'isopentyle, l'acétate d'éthyle, l'acétate d'isopentyle (acétate d'isoamyle), heptanoate d'éthyle et hexanoate d'éthyle. Ces molécules ont des caractéristiques aromatiques fruitées correspondantes à la banane et à l'ananas. L'alcool isopentyle est le précurseur d'acétate d'isoamyle (arôme synthétique de la banane) (**Facundo et al., 2012 ; TGSC, 2018**).

Ces résultats sont en concordance avec les données des analyses sensorielles des variétés étudiées et pourraient les interpréter de point de vue chimique en se basant sur le profil volatil des fruits. La saveur des variétés Bent Qbala, Timjouhart et Litima est légèrement analogue à celle de la banane et d'ananas et les autres variétés présentent un arôme légèrement semblable à celui de la tomate et des agrumes.

Ces données sont importantes à l'échelle industrielle, elles permettent aux industriels d'utiliser les composés aromatiques de datte pour développer la saveur des autres fruits analogues et vice versa en cas de pénurie en matière première (fruit) de l'arôme original liée à des fluctuations de la production et de la qualité et à des causes économiques. La production industrielle à grande échelle d'arôme identique à celui de la datte pourrait être une solution

Discussion

alternative de la technique d'extraction des composés aromatiques à base d'une matrice naturelle.

Par ailleurs, une grande similitude a été notée entre les variétés Ghars et Hamraia, qui étaient riches en alcools, aldéhydes et hydrocarbures saturés. De même, Litima et Timjouhart ont principalement produit des alcools et des esters. Au contraire, une grande distance a été présentée entre les variétés Bent Qbala et Tantbouchet, cela peut être dû à leurs teneurs différentes en esters.

6.6. Composition qualitative des composés volatils de la datte

La distribution des variétés étudiées par le biais de l'analyse factorielle de correspondance (Figure 31), peut être due à la présence de plusieurs esters, tels que l'acétate éthylique, d'acétate isopentylique, hexanoate éthylique, heptanoate éthylique, octanoate éthylique, acétate de 2-phényléthyle, nonanoate éthylique, décanoate méthylique, décanoate éthylique, dodécanoate méthylique, dodécanoate éthylique, tétradécanoate éthylique et d'absence de cétones et d'hydrocarbures saturés. La même observation a été notée pour les variétés de Litima et de Timjouhart qui ont été séparées à moindre degré des autres variétés de la datte algérienne comparativement à la variété Bent Qbala. Litima a été caractérisée par le nombre le plus élevé de composés volatils (35 sur 61, Tableau 25) et par beaucoup d'esters (l'acétate éthylique, l'octanoate méthylique, l'octanoate éthylique, le décanoate méthylique, le propanoate de 2-éthyl-3-hydroxyéthyl 2-méthyle, le décanoate éthylique, le dodécanoate méthylique, le tétradécanoate méthylique) et toutes les cétones identifiées (6-méthyl-5-hepten-2-one, 2-undécanone, (*E*)-géranylacétone et (*E*)- β -ionone). En outre, la variété Timjouhart renferme également des aldéhydes (hexanal, (*z*)-4-heptenal, octanal, nonanal, décanal, undécanal, dodécanal) et des esters (acétate éthylique, hexanoate éthylique, octanoate éthylique, nonanoate d'éthyle, décanoate éthylique, tétradécanoate éthylique) et n'a pas produit des éthers et des hydrocarbures insaturés

Il est clair que Litima et Bent Qbala sont les variétés les plus riches en composés volatils spécifiques (8 et 5, respectivement) ceci peut expliquer la séparation remarquable de ces variétés (Figure 31).

6.7. Variation de la composition quantitative de l'arôme de la datte en fonction de variété

L'analyse des profils volatils de nos échantillons montre que l'arôme de la variété Bent Qbala est constitué de 25 composés dont alcool d'isopentyle (29,3%), 2-propanol (27,1%) et acétate d'éthyle (22,7%) sont les principaux constituants. Les variétés Ghars,

Discussion

Hamraia, Houbales, Tantbouchet, Litima et Timjouhart sont caractérisées par un taux élevé de (*E*)-geranylacétone. Il varie de 13,1% à 40,1%. Le profil aromatique de la variété Ghars se compose aussi d'acétate d'éthyle (10,8%) et décanal (11,3%). Le composé décanal se trouve en pourcentage 12%, 10%, 11,9% et 10,8% dans les variétés Hamraia, Houbales, Tantbouchet et Timjouhart respectivement. L'arôme de cette dernière est constitué également d'acétate d'éthyle (18,2%) et 2-propanol (19,3%) (Tableau 26).

Le profil aromatique de dattes algériennes étudiées est quantitativement différent. Cette différence est due à l'absence de certaines molécules aromatiques ou la variation de la teneur des composés volatils qui peuvent être présents dans plusieurs variétés de datte ce qui pourrait influencer l'arôme et l'odeur de ces variétés. Ces résultats sont en concordance avec ceux mentionnés dans la littérature (**Reynes *et al.* (1996), Harrak *et al.*, 2005, El Arem *et al.*, 2012**). Le facteur génétique est responsable de la variation du profil aromatique des variétés étudiées car la biosynthèse des molécules volatiles est contrôlée par les génomes (ADN). Les variétés étudiées ne sont pas de la même région mais les conditions climatiques, la nature et le traitement du sol peuvent aussi influencer la composition volatile des dattes au stade de maturation. Des études réalisées sur des autres fruits ont montré l'influence de ces facteurs sur le profil aromatique des fruits (**Wang *et al.*, 2007 ; Yang *et al.*, 2009, Peyrot *et al.*, 2005, Salas *et al.*, 2011**).

Par ailleurs, l'analyse de la propriété organoleptique et du profil aromatique des variétés étudiées (Tableau 21) montre la présence d'une harmonisation entre la composition volatile et la qualité organoleptique de la datte c'est-à-dire la variation enregistrée dans le profil aromatique des variétés influe fortement sur leur qualité sensorielle ce qui explique la différence hautement significative notée entre le goût de ces variétés.

CONCLUSION

Conclusion générale

Les dattes algériennes de faible valeur marchande sont des matières biologiques de haute valeur ajoutée si elles sont bien exploitées. Elles représentent une matière vierge pour l'industrie alimentaire, chimique et cosmétique prête à la transformation en dérivés de valeur marchande importante. Dans ce contexte, notre étude a pour objectifs de connaître les différentes caractéristiques morphologiques, physicochimiques, organoleptique et aromatiques des huit variétés de datte algérienne de faible valeur marchande « dattes communes » : Bent Qbala, Hamraia, Houbales, Litima, Tantbouchet, Ghars, Timjouhart et Tinicine.

La caractérisation morphologique de variétés étudiées, révèle leur qualité acceptable ; leurs poids s'étalent de 6,63 g (Ghars) à 15,98 g (Tantbouchet), leurs longueurs varient de 3,33 à 4,36 cm avec des diamètres de 1,83 à 2,73 cm. Le rapport du poids (pulpe/fruit) est compris entre 85,97% et 93,61% reflétant un rendement très important.

Les teneurs en sucres notées dans ces variétés s'étendent de 59,68% à 76,29%, elles sont encourageantes pour les industriels et incitent leur attention afin de réfléchir à l'exploitation et la transformation de ces variétés de datte en sucres et en conséquence développer l'économie nationale en minimisant l'importation de sucre roux de la canne à sucre. Ce domaine est vierge malgré le potentiel énorme de notre pays dans la production. Cependant, la maîtrise du procédé de fabrication et la baisse du coût de production pour assurer la compétitivité du sucre de la datte dans le marché vis-à-vis du sucre de la canne reste encore à développer. Les autorités économiques peuvent jouer un rôle important dans la subvention de ce genre de projet et la protection de sa part du marché par des textes législatifs au cours des premiers pas en exigeant un plan de développement qualitatif et quantitatif pour assurer l'insertion normale d'un nouveau produit dans le marché.

Concernant les autres caractéristiques physicochimiques, ces variétés présentent de : un pH compris entre 6,57 et 7,17, une acidité titrable varie entre 0,16 et 0,24%, un taux de cendres s'étend de 1,77 à 3,15%, une teneur en lipides de l'ordre de 0,012 à 0,1% MF et un taux d'humidité compris entre 17,66 à 38,66%. Ce dernier est considéré comme le problème majeur de ces variétés. Les lipides, les protéines, les sucres et les acides organiques participent au développement des arômes des dattes à travers les différentes réactions chimiques et activités enzymatiques.

En outre, les variétés étudiées montrent un goût aromatisé et légèrement analogue à celui d'autres fruits. Les variétés Bent Qbala, Litima et Timjouhart présentent un goût légèrement semblable à celui de la banane et d'ananas. Par contre, les variétés Ghars, Houbales, Tinicine, Hamraia et Tantbouchet apporte un arôme légèrement analogue à celui des agrumes et de la tomate. Cette caractéristique met en évidence l'excellente qualité organoleptique de ces dattes qui sont malheureusement méconnues chez les consommateurs algériens à part la population des zones phoenicoles.

La caractérisation des arômes de huit variétés des dattes algériennes, a identifié 61 composés volatils qui peuvent être arrangés en huit classes chimiques, quatorze alcools, quinze esters, douze aldéhydes, trois terpénoïdes, quatre cétones, huit hydrocarbures saturés, trois hydrocarbures insaturés et deux éthers. Vingt composés aromatiques spécifiques sont seulement trouvés dans une seule variété et quatre composés aromatiques partagés sont observés dans les variétés algériennes étudiées. Quelques similitudes ont été trouvées entre Ghars et Tantbouchet et entre Hamraia, Tinicine et Houbales. Cependant, Timjouhart, Litima et Bent Qbala sont clairement séparés des autres variétés. Dans notre étude, 48 molécules volatiles sont identifiées pour la première fois et peuvent distinguer la datte algérienne d'autres dattes précédemment étudiées.

Cette étude peut aider les industriels et attirer leur attention pour développer un nouveau arôme de haute valeur ajoutée à partir de dattes de faible valeur marchande. Ceci a certainement des effets positifs sur l'économie des zones arides et sahariennes et participe efficacement à leur développement. Les arômes synthétiques à partir des molécules semblables à celles naturelles extraites d'autres fruits peuvent être une solution alternative en cas de pénurie de pénurie en matière première (fruit) de l'arôme original liée à des fluctuations du rendement et de la qualité et à des causes économiques.

La continuité des études dans ce domaine est nécessaire pour déterminer le composé volatil clé responsable de l'arôme de la datte en général et de dattes algériennes en particulier. Ainsi, la connaissance des changements de la composition aromatique des dattes au cours des stades de maturation et durant le stockage demeure importante pour la conservation de la qualité aromatique de la datte.

RÉFÉRENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

Références bibliographiques

1. **Açourène S., Tama M., 1997.** Caractérisation physicochimique des principaux cultivars de datte de la région des zibans. Recherche agronomique, N 1. Ed. INRAA. pp 59-66.
2. **Açourène S., Belguedj M., Tama M., Taleb B., 2001.** Caractérisation, évaluation de la qualité de la datte et identifications des cultivars rares de palmier dattier de la région du Zibans. Recherche agronomique, N 8 Ed. INRAA. pp 19-39.
3. **Acree T., Arn H., 2008.** flavornet and human odor space. Gas chromatography - olfactometry (GCO) of natural products. Cornell university. USA.
4. **Aharoni A., Giri A.P., Verstappen F.W.A., Berteaux C.M., Sevenier R., Sun Z., Jongasma M.A., Schwab W., Bouwmeester H.J., 2004.** Gain and loss of fruit flavor compounds produced by wild and cultivated strawberry species. Plant Cell. 16 : 3110–3131.
5. **Ahmed I. A., Ahmed A.W.K., Robinson R.K., 1995.** Chemical composition of date varieties as influenced by the stage of ripening. Food Chemistry. 54 : 305-309.
6. **Ahmed J., Ramaswamy H.S., 2005.** Effect of temperature on dynamic rheology and colour degradation kinetics of date paste. Food and Bioproducts processing. 83: 198-202.
7. **Al-Farsi M., Alasalvar C., Morris A., Baron M., Shahidi F., 2005.** Compositional and sensory characteristics of three native sun-dried date (*Phoenix dactylifera* L.) varieties grown in Oman. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 53:7586-7591.
8. **Al -Farsi M. A., Lee C. Y., 2008.** Nutritional and functional properties of dates: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 48: 877- 887.
9. **Al -Showiman S.S., 1998.** Al Tamr, Ghetha wa Saha (Date, food and helth). Saudi Arabia. Dar Alkhareji Press.
10. **Al-Dhaheri A., Alhadrami G., Aboalnaga N., Wasfi I., Elridi M., 2004.** Chemical composition of date pits and reproductive hormonal status of rats fed date pits. Food Chemistry. 86: 93-97.
11. **Al-Farsi M., Alasalvar C., Al-Abid M., Al-shoaily K., Al-Amry M., Al-Rawahy F., 2007.** Composition and functional characteristics of date, syrop and by-product. Food chemistry. 104 (3):943-947.
12. **Al-Hooti S., Sidhu J.S., Qabazard H., 1997.** Physicochemical characteristics of five date fruit cultivars grown in the United Arab Emirates. Plant Food for human Nutrition. 50: 101-113.
13. **Ali Mohamed, A. Y., Khamis, A. S. (2004).** Mineral ion content of the seeds of six cultivars of Bahraini date palm (*Phoenix dactylifera*). Journal of Agricultural and Food Chemistry . 52 : 6522 - 6525.
14. **Al-Shahib W., Marshall R.J., 2002.** Dietary fibre content of date from 13 varieties of date palm (*Phoenix dactylifera* L.). International Journal of food science and Technology. 37: 719-721.
15. **Al-Shahib W., Marshall R.J., 2003.** The fruit of the date palm: its possible use as the best food for the future ? International Journal of Food Science and Nutrition. 54: 247-259.

Références bibliographiques

16. **Amellal-Chibane, 2007.** Aptitudes technologiques de quelques variétés communes de dattes : Formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé. Thèse de Doctorat. Université M'hamed Bougara Boumerdes. 131 pages.
17. **Arpino P., Prévôt A., Serpinet J., Tranchant J., Vergnol A., Witier P., 1995.** Manuel pratique de chromatographie en phase gazeuse. Masson. Paris.
18. **Aubert C., Bourger N., 2004.** Investigation of volatiles in Charentais cantaloupe melons (*Cucumis melo* var. cantalupensis). Characterization of aroma constituents in some cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 52 : 4522–4528.
19. **Ayala-Zallava J.F., wang S.Y., Wang C.Y. and Gonzalez-Aquilar G.A., 2004.** Effect of storage temperatures on antioxydant capacity and aroma compounds in strawberry fruit. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie.* 37: 687-695.
20. **Baraem I., Haffar I., Baalbaki R., Henry J., 2008.** Physico-chemical characteristics and sensory quality of two date varieties under commercial and industrial storage conditions. *LWT.* 41 : 896 – 904.
21. **Barenska M., Schulz H., Kruger H., Quilitzsch R., 2005.** Chemotaxonomy of aromatic plants of genus *Origanum* via vibrational spectroscopy. *Analytical and bioanalytical chemistry.* 381: 1241–1247.
22. **Barreveld W. H., 1993.** Date palm products. FAO. Agricultural Service Bulletin N. 101. Food and Agricultural Organization of the United Nations. Rome.
23. **Beaulieu J.C., 2006.** Effect of cutting and storage on acetate and nonacetate esters in convenient, ready-to-eat fresh-cut melons and apples. *Hort. Sci.* 41: 65–73.
24. **Belguedj M., 2001.** Caractéristiques des cultivars des datte dans les palmeraies du Sud Est Algérien. N° 11. INRAA. Alger. 289 pages.
25. **Belguedj M., Tirichine A., 2011.** Ressources génétiques du palmier dattier: caractéristiques des cultivars de Ghardaia. 3D dossier N° 2. Dossiers-Documents-Débats. INRAA. 175 pages.
26. **Belguedj N., Bassi N., Fadlaoui S., Agli A., 2015.** Contribution to industrialization through the improvement of the traditional process of local drink manufacturing based on dates "Rob". *Journal of new sciences, Agriculture and Biotechnology.* 20 : 818-829 (in French).
27. **Belitz H.D., Grosch W., Schieberle P., 2009.** Aroma compounds. In: *Food chemistry.* Ed. 4. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 1070 pages.
28. **Benamara S., Gougam H., Amellal H., Djouab A., Benahmed A., Noui Y., 2008.** Some Technologic Proprieties of Common Date (*Phoenix dactylifera* L.) Fruits. *American Journal of Food Technology.* 3 : 79-88.
29. **Benchabane A., 1996.** Rapport de synthèse de l'atelier « Technologie et qualité de la datte ». In *Options méditerranéennes, Série A, N° 28. Séminaires méditerranéens.* Ed. IAM, Zaragoza, Spain, 205-210.
30. **Benchabane A., 2007.** Composition biochimique de la datte Deglet Nour : évolution en fonction de la maturation et formation de la couleur et des arômes. Thèse de Doctorat. Institut national agronomique El-Harrach, Alger. 123 pages.

Références bibliographiques

31. **Benmeddour Z., Mehinagic E., Le Meurlay D., Louaileche H., 2013.** Phenolic composition and antioxidant capacities of ten Algerian date (*Phoenix dactylifera* L.) cultivars: a comparative study. *J Funct Foods*. 5: 346-354.
32. **Besbes S., Drira L., Blecker C., Deroanne C., Attia H., 2009.** Adding value to hard date (*Phoenix dactylifera* L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam. *Food Chemistry*. 112 : 406–411.
33. **Biniecka M., Caroli S., 2011.** Analytical methods for the quantification of volatile aromatic compounds. *Trends Analyt Chem*. 30 :1756-1770.
34. **Blama A., 2014.** Une richesse inépuisable pour l'Algérie. In : *Le monde des dattes*. Agrivet consulting. 42 pages.
35. **Blaquière C., Ferrari V., Girod-Quilain I., 2006.** Les arômes alimentaires : les bases de la réglementation européenne. *Revue « Industries Alimentaires et Agricoles »*.
36. **Boelens M.H., Maarse H., Visscher K., 1994.** Trends in aroma research. In : *Trends in flavour research*. Elsevier Science B.V.
37. **Boelens M.H., Boelens H., Van Gemert L., 1993.** Sensory properties of optical isomers. *Perfum and Flavor*. 18 : 2.
38. **Booij I., Piombo G., Risterucci J.M., Coupe M., Thomas D., Ferry M., 1992.** 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.). *Fruit*. 47(6) : 667-678.
39. **Boudies H., Kefalas P., Hornero-Méndez D., 2007.** Carotenoid composition of Algerian date varieties (*Phoenix dactylifera*) at different edible maturation stages. *Food chemistry*. 101:1372-1377.
40. **Boulal A., Benali B., Moulai M., Touzi A., 2010.** Transformation of Date Waste from the Adrar region in bioethanol. *Revue des Energies Renouvelables*. 13: 455-463
41. **Bouvier F., Rahier A., Camara B., 2005.** Biogenesis, molecular regulation and function of plant isoprenoids, *Progress in Lipid Research* 44 : 357 -429 .
42. **Cai J., Liu B., Su Q., 2001.** Comparison of simultaneous distillation extraction and solid-phase microextraction for the determination of volatile flavor components. *Journal of Chromatography A*. 930: 1-7.
43. **Cavalli J.-F., Fernandez X., Lizzani-Cuvelier L., Loiseau A.M., 2004.** Characterization of volatile compounds of french and spanish virgin olive oils by HS-SPME: Identification of quality-freshness markers. *Food chemistry*. 88: 151-157.
44. **Chaintreau A., 2001.** Simultaneous distillation-extraction: from birth to maturity – review. *Flavour fragrance journal*. 16: 136-148.
45. **Cheftel J., Cheftel C., 1977.** Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments. Vol 1. Ed. Tec et Doc-Lavoisier. Paris. 367 pages.
46. **Cheverria G.E., Graell J., López M.L., Lara I., 2004.** Volatile production, quality and aroma-related enzyme activities during maturation of 'Fuji' apples. *Postharvest Biology and Technology*. 31(3): 217-227.
47. **Contreras C., Beaudry R., 2013.** Lipoxygenase-associated apple volatiles and their relationship with aroma perception during ripening. *Postharvest Biology and Technology*. 82: 28-38.

Références bibliographiques

48. **Crouzet J., 1992.** La biogénèse des arômes. In : Les arômes alimentaires. Collection Sciences et techniques agro-alimentaire. Lavoisier Tec & Doc-Api. Paris. France. 400 pages.
49. **Crouzet J., 1998.** Arômes alimentaires. Ed. Techniques de l'ingénieur, F4100 : 01-18.
50. **Daas Amiour S., 2009.** Etude quantitative des composés phénoliques des extraits de trois variétés de dattes (*Phoenix dactylifera* L.) et évaluation in vitro de leur activité biologique. Mémoire de Magister. Université Batna. 95 pages.
51. **Da Costa N.C., Eri S., 2005.** Identification of aroma chemicals. In Chemistry and technology of flavors and fragrances. Ed. Blackwell Publishing Ltd. 336 pages.
52. **Dang K.T.H., Singh Z., Swinny E.E., 2008.** Edible Coatings Influence Fruit Ripening, Quality, and Aroma Biosynthesis in Mango Fruit J. Agric. Food Chem. 56: 1361–1370.
53. **De la Peña Moreno F., Blanch G.P., Ruiz del Castillo M.L., 2010.** Effect of (-) and (+)-methyl jasmonate on the formation of aroma-active esters in strawberry fruit. Eur. Food Res. Technol. 231: 829–834.
54. **Djerbi M., 1994.** Précis de phoéniculture. FAO. 192 pages.
55. **El-Arem A., Flamini G., Saafi M.B., Issaoui M., Zayene N., Ferchichi A., Hammami M., Helal A.N., Achour L., 2011.** Chemical and aroma volatile compositions of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruits at three maturation stages. Food Chemistry. 127: 1744–1754.
56. **El-Arem A., Saafi M.B., Flamini G., Issaoui M., Ferchichi A., Hammami M., Helal A.N., Achour L., 2012.** Volatile and nonvolatile chemical composition of some date fruits (*Phoenix dactylifera* L.) harvested at different stages of maturity. International Journal of Food Science and Technology. 47: 549–555.
57. **El Hadi A.M., Zhang F.J., Wu F.F., Zhou C.H., Tao J., 2013.** Advances in fruit aroma volatile research. Molecules. 18: 8200-8229.
58. **Elleuch M., Besbes S., Roiseux O., Blecker C., Deroanne C., Drira N.E., Attia H., 2008.** Date flesh : chemical composition and characteristics of the dietary fibre. Food chemistry. 111: 676-682.
59. **El-Sohaimy S.A., Hafez E.E., 2010.** Biochemical and nutritional characterizations of date palm fruits (*Phoenix dactylifera* L.). Journal of Applied Sciences Research, 6(8): 1060-1067.
60. **Engel W., Bahr W., Schieberle P., 1999.** Solvent assisted flavour evaporation – a new and versatile technique for the careful and direct isolation of aroma compounds from complex food matrices. European Food Research and Technology. 209: 237–241.
61. **Estevez M., Morcuende D., Ventanas S., Cava R., 2003.** Analysis of volatiles in meat from iberian pigs and lean pigs after refrigeration and cooking by using SPME-GC-MS. Journal of agricultural and food chemistry. 51: 3429-3435.
62. **Facundo H.V.V., Garruti D.D.S., Dias C.T.D.S., Cordenunsi B.R., Lajolo F.M., 2012.** Influence of different Banana cultivars on volatile compounds during ripening in cold storage. Food research international. 49 : 626-633.

Références bibliographiques

63. **Falade K.O., Abbo E.S., 2007.** Air-Drying and rehydration characteristics of date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit. *Journal of food engineering*. 79 (2): 724-730.
64. **Farneti B., Alarcon A.A., Papatiriu F.G., Samudrala D., Cristescu S.M., Costa G., Harren F.J.M., Woltering E.J., 2015.** Chilling-Induced Changes in Aroma Volatile Profiles in Tomato. *Food Bioprocess Technology*. 8: 1442–1454.
65. **Favier A., 1993.** Current aspect about the role of zinc in nutrition. *Revue pratique*. 43:146-151.
66. **Favier J.C., Ireland R.J., Toque C., Feinberg M., 1995.** Répertoire général des aliments. Table de composition. Ed. Tec et Doc-Lavoisier. 897 pages.
67. **Fellman J.K., Rudell D.R., Mattinson D.S., Mattheis J.P., 2003.** Relationship of harvest maturity to flavor regeneration after CA storage of “Delicious” apples. *Postharvest Biol. Technol.* 27:39–51.
68. **Fernandez X., Cabrol-Bass D., 2007.** Analyse des arômes. *Techniques de l'ingénieur*, 3233 : 3201-3222.
69. **Galvão M.S., Narain N., Santos M.D.S.P.D., Nunes M.L., 2011.** Volatile compounds and descriptive odor attributes in umbu (*Spondias tuberosa*) fruits during maturation. *Food Research International*. 44 (7): 1919-1926.
70. **Gao J., Wu B.P., Gao L.X., Liu H.R., Zhang B., Sun C.D., Chen K.S., 2018.** Glycosidically bound volatiles as affected by ripening stages of Satsuma mandarin fruit. *Food Chemistry*. 240: 1097-1105.
71. **Garcia C.V., Stevenson R. J., Atkinson R. G., Winz R. A., Quek S.Y., 2013.** Changes in the bound aroma profiles of ‘Hayward’ and ‘Hort16A’ kiwifruit (*Actinidiaspp.*) during ripening and GC-olfactometry analysis. *Food Chemistry*. 137 (1-4): 45-54.
72. **Gatel R., 1982.** L'aliment à humidité intermédiaire concept fondamental et fiction scientifique. *Apria*. 39-50.
73. **Giddey C., 1982.** Les produits à humidité intermédiaire. Cas particulier du problème de la conservation des produits à humidité intermédiaire. *Apria*. 21-28.
74. **Girard J., 1965.** Evolution de la datte au cours de sa croissance et sa maturation. *Compte rendu des travaux de recherches effectués à la station d'El-Arfiane*.
75. **Goff S.A., Klee H.J., 2006.** Plant volatile compounds: Sensory cues for health and nutritional value. *Science*. 311: 815–819.
76. **Gross J., Haber O., Ikan R., 1983.** The carotenoid pigment of date. *Scientia Horticulturae*. 20: 251-257.
77. **Guillot S., Peytavi L., Bureau S., Boulanger R., Lepoutre J.P., Crouzet J., Schorr-Galindo S., 2006.** Aroma characterization of various apricot varieties using headspace–solid phase microextraction combined with gas chromatography–mass spectrometry and gas chromatography–olfactometry. *Food chemistry*. 96: 147-155.
78. **Hampel D., Mosandl A., Wust M., 2006.** Biosynthesis of mono- and sesquiterpenes in strawberry fruits and foliage: 2H labeling studies. *J. Agric. Food Chem.* 54: 1473–1478.
79. **Hannachi S., Khitri D., Benkhalifa A., Brac de perrière R.A., 1998.** Inventaire varietal de la palmeraie algérienne. 225 pages.

Références bibliographiques

80. **Harrak H., Reynes M., Lebrun M., Hamouda A., Brat P., 2005.** Identification and comparison of volatile compounds of eight varieties of Moroccan dates . *Fruits*. 60: 267-278 (in French).
81. **Hussein A.S., Alhadrami G.A., Khalil Y.H., 1998.** The use of dates and date pits in broiler starter and finisher diets. *Bioresource Technology*. 66: 219-223.
82. **Jaddou H., Mhaisen M. T., Al-Hakim M., 1984.** Flavour volatile analysis of Zahdi dates by gas liquid chromatography. *Date Palm Journal*. 3(2): 367-379.
83. **Jelen H., Majcher M., Dziada M., 2012.** Microextraction techniques in the analysis of food flavor compounds: A review. *Analytica chemical acta*. 738: 13-26.
84. **Kader A.A., 2004.** A perspective on postharvest horticulture (1978–2003). *Hort. Sci.* 38:1004–1008.
85. **Kaid K., 2007.**Caractéristiques biochimiques de rob préparé à partir de deux varieties”Mech Degla” et “Ghars”. Mémoire d’Ingénieur. Département d’agronomie. Université de Batna. 39 pages.
86. **Kanavouras A., Kiritsakis A., Hernandez R.J., 2004.** Comparative study on volatile analysis of extra virgin olive oil by dynamic headspace and solid phase micro-extraction. *Food chemistry*. 90: 69-79.
87. **Kesen S., Kelebek H., Sen K., Ulas M., Selli S., 2013.** GC–MS–olfactometric characterization of the key aroma compounds in Turkish olive oils by application of the aroma extract dilution analysis. *Food research internationa*. 54 (2):1987-1994.
88. **Khatab A.G.H., El Tinay A.H., Nour A.A.M., 1983.** The chemical composition of some date palm cultivars grown in Sudan. The first symposium on date palm. King Faysal University. Al Hassa. Kingdom of Saudi Arabia. 706-710.
89. **Khenfar B., 2004.** Contribution à l’étude de quelques caractéristiques morphologiques de quatre cultivars de palmier dattier (*Phœnix dactylifera* L.) dans la région de Droh (Wilaya de biskra). Mémoire d’ingénieur. Département d’agronomie. Batna. 87 pages.
90. **Kondo S., Mattheis J., 2006.** Aroma volatile biosynthesis in apples at harvest or after harvest affected by jasmonates. *Acta Horti*. 712: 381–388.
91. **Lambiote B., 1983.** Some aspects of the role of dates in human nutrition. In *Proceedings of the First Symposium on the Date Palm in Saudi Arabia*. King Faisal University, Al- Hassa, Saudi Arabia, pp. 572-8.
92. **Lasekan O., See N. S., 2015.** Key volatile aroma compounds of three black velvet tamarind (*Dialium*) fruit species. *Food Chemistry*. 168: 561-565.
93. **Lebrun M., Billot C., Harrak H., Self G., 2007.** The electronic nose: a fast and efficient tool for characterizing dates. *Fruits*. 62 (6): 377-382.
94. **Lehotay S.J., Hajslova J., 2002.** Application of gas chromatography in food analysis. *TrAC, Trends Anal. Chem.* 21: 686-697.
95. **Lester G., 2006.** Consumer preference quality attributes of melon fruit. *Acta Horti*. 712: 175–181.
96. **Letchamo W., Ward W., Heard B., Heard D., 2004.** Essential oil of *Valeriana Officinalis* L. cultivars and their antimicrobial activity as influenced by harvested time under commercial organic cultivation. *Journal of agricultural and food chemistry*. 52: 3915-3919.

Références bibliographiques

97. **Lubbers S., Decourcelle N., Vallet N., Guichard E., 2004.** Flavor release and rheology behavior of strawberry fat-free Stirred yogurt during storage. *Journal of agricultural and food chemistry*. 52: 3077-3082.
98. **Maarse H., 1991.** Volatile compounds in foods and beverages, 1st ed. CRC Press. 784 pages.
99. **Mansouri A., Embarek G., Kokkalou E., Kefalas P., 2005.** Phenolic profile and antioxidant activity of the Algerian ripe date palm fruit (*Phoenix dactylifera L.*). *Food chemistry*. 89 : 411-420.
100. **Matallah M., 1970.** Contribution à la valorization de la datte algérienne. Mémoire d'ingénieur. INA. El-Harrach, Alger. 113 pages.
101. **Matic A.J., 1999.** Analysis of food and plant volatiles. In : Application of Solid Phase Microextraction. Ed. Royal society of chemistry. 655 pages.
102. **Meierhenrich Uwe J., Golebiowski J., Fernandez X., Cabrol-Bass D., 2005.** De la molécule à l'odeur. *L'actualité chimique*. 289 : 29-40.
103. **Meligi M.A., Saurial G.F., 1982.** Food quality and general evaluation of some Iraqi date palm cultivars grown under conditions of barrage region. Ed. First symposium of the date palm, Saudi Arabia. 23-25 March. P 212-220.
104. **Menager I., Jost M., Aubert C., 2004,** Changes in physicochemical characteristics and volatile constituents of strawberry (Cv. Cigaline) during maturation. *J. Agric. Food Chem.* 52: 1248–1254.
105. **Mimouni Y., 2009.** Mise au point d'une technique d'extraction de sirops de dattes ; comparaison avec les sirops à haute teneur en fructose (HFCS) issus de l'amidonnerie. Mémoire de Magister. Université Kasdsi Merbah-Ouargla. 125 pages.
106. **Mohammed S., Shabana H.R., Mawloud E. A., 1983.** Evaluation and identification of Iraqi date palm cultivars. *Fruits characteristics of fifty cultivars*. p 27-55.
107. **Moore P.P., Burrows C., Fellman J., Mattinson D.S., 2002.** Genotype x environment variation in raspberry fruit aroma volatiles. *Acta Hort.* 585 : 511-516.
108. **Mrabet A., Ferchichi A., Chaira N., Mohamed B.S., Baaziz M., Mrabet Penny T., 2008.** Physico-chemical characteristics and total quality of date palm varieties grown in southern of Tunisia. *Pakistan journal of biological sciences*. 7: 1003-1008.
109. **Munier P., 1973.** Le palmier dattier. Ed. MAISONNEUVE, Paris. 221 pages.
110. **Myhara R.M., Karkala J., Taylor M.S., 1999.** The composition of maturing Omani date. *J. Sci. Food Agric.* 79 : 1345-1350.
111. **Nancib N., Nancib A., Boudjelal A., Benslimane C., Blanchard F., Boudrant J., 2001.** The effect of supplementation by different nitrogen sources on the production of lactic acid from date juice by *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus*. *Bioresour Technol.* 78 : 149-153.
112. **Nijssen L. M., Visscher C. A., Maarse H., Willemsens L.C., Boelens M.H., 1999.** Volatile compounds in food. Qualitative and quantitative data. 7th Edition and supplements 1 and 2. TNO Nutrition and Food Research Institute, Zeist. The Netherlands.

Références bibliographiques

113. **Nixon R.W., Carpenter B., 1978.** Growing dates in United States. United States department of agriculture, information bulletin prepared by science and education administration: 44-45.
114. **Obenland D., Collin S., Sievert J., Negm F., Arpaia M.L., 2012.** Influence of maturity and ripening on aroma volatiles and flavor in 'Hass' avocado. *Postharvest Biology and Technology*. 71: 41-50.
115. **Obenland D., Cantwell M., Lobo R., Collin S., Sievert J., Arpaia M.L., 2016.** Impact of storage conditions and variety on quality attributes and aroma volatiles of pitahaya (*Hylocereus* spp.). *Scientia Horticulturae*. 199: 15-22.
116. **Ortiz A., Graell J., Lara I., 2011.** Volatile ester-synthesising capacity throughout on-tree maturation of 'Golden Reinders' apples. *Scientia Horticulturae*. 131 : 6-14.
117. **Ortiz A., Echeverría G., Graell J., Lara I., 2010.** The emission of flavour-contributing volatile esters by "Golden Reinders" apples is improved after mid-term storage by postharvest calcium treatment. *Postharvest Biol. Technol.* 57: 114–123.
118. **Ortiz A., Echeverria G., Lopez M.L., Graell J., Lara I., 2009.** Overall quality of "Rich Lady" peach fruit after air- or CA storage. The importance of volatile emission. *LWT Food Sci. Technol.* 42: 520–1529.
119. **Ouda Ibrahim A.B., 2002.** Asnaf Al-Tamr fi watan arabi (les variétés de la datte dans le monde Arabe). Pdf. 6 pages. www.iraqi-datpalms.net.
120. **Papet Y., Brunet B., Mura P., 2010.** Headspace (HS) et micro-extraction en phase solide (SPME). Théorie et application. *Annales de Toxicologie Analytique*. 22(2): 75-79.
121. **Pélissier Y., Haddad C., Marion C., Milhau M., Bessière J., 2001.** Volatile Constituents of Fruit Pulp of *Dialium guineense* Wild. (Cesalpinaceae). *Journal of Essential Oil Research*. 13(2): 103-104.
122. **Penton Z.E., 1997.** Sample preparation for gas chromatography with solid phase extraction and solid-phase microextraction. In: *Advances in chromatography*. Ed. Marcel Dekker. New York. 462 pages.
123. **Pérez A. G., Cert A., Rios J. J., Olias J. M., 1997.** Free and glycosidically bound volatile compounds from two banana cultivars: Valery and Pequena Enana. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45 : 4393 – 4397.
124. **Peyrot des Gachons C., Leeuwen C.V., Tominaga T., Soyer J.P., Gaudillere J.P., Denis D., 2005.** Influence of water and nitrogen deficit on fruit ripening and aroma potential of *Vitis vinifera* L cv Sauvignon blanc in field conditions. *J. Sci. Food Agric*. 85: 73–85.
125. **Pillonel L., Bosset J.O., Tabacchi R., 2002.** Rapid preconcentration and enrichment techniques for the analysis of food volatile. *Food science and technology*. 35: 1-14.
126. **Pollien P., Ott A., Fay L.B., Maignial L., Chaintreau A., 1998.** Simultaneous distillation-extraction: preparative recovery of volatiles under mild conditions in batch or continuous operations. *Flavour and fragrance journal*. 13: 413-423.

Références bibliographiques

127. **Qiao Y., Xie B.J., Zhang Y., Zhang Y., Fan G., Yao X.L. , Pan S.Y., 2008.** Characterization of Aroma Active Compounds in Fruit Juice and Peel Oil of Jincheng Sweet Orange Fruit (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) by GC-MS and GC-O. *Molecules* . 13 : 1333-1344.
128. **Rahman M.S., Kasapis S., Al-Kharusi N.S.Z., Al-Marhubi I.M., Khan A.J., 2007.** Composition characterization and thermal transition of date pits powder. *Journal of Food engineering*. 80: 1-10.
129. **Reineccius G., 2006.** *Flavor Chemistry and Technology*. 2nd ed. CRC Press: Boca Raton. FL. USA.
130. **Reynes M., Bouabidi H., Piombo G., Risterucci A.M., 1994.** Caractérisation des principales de variétés de dattes cultivées dans la région de Djérid en Tunisie. *Fruit*. 49(4) : 289-298.
131. **Reynes M., Lebrun M., Shaw P. E., 1996.** Identification of volatile date components and use for multivariate analysis to distinguish date varieties. *Journal of Food Quality*. 19(6): 505-514.
132. **Richard H., 1992.** Connaissance de la nature des arômes. In : *Les arômes alimentaires*. Collection sciences et techniques agro-alimentaires. Lavoisier Tec & Doc –Apria. Paris. France. 400 pages.
133. **Richard H., Multon J.L., 1999.** *Les arômes alimentaires*. Collection des sciences et techniques agro-alimentaires. Edition Tec et Doc. 438 pages.
134. **Rijkens F., Boelens H., 1975.** The Future of aroma research. In : *Aroma research*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation.
135. **Rita R.D., Zanda K., Daina K., Dalija S., 2011.** Composition of aroma compounds in fermented apple juice: effect of apple variety, fermentation temperature and inoculated yeast concentration. *Procedia Food Science*. 1 : 1709-1716
136. **Saafi E.B., ElArem A., Issaoui M., Hammami M., Achour L., 2009.** Phenolic content and antioxydant activity of four date palm (*Phoenix dactylifera* L.) fruit varieties grown in Tunisia. *International Journal of Food Science Technology*. 44: 2314-2319.
137. **Salas N.A., Molina-Corral F.J., Gonzalez-Aguilar G.A., Otero A., Sepulveda D.R., Olivas G.I., 2011.** Volatile production by “Golden Delicious” apples is affected by preharvest application of aminoethoxyvinylglycine. *Sci. Hort.* 130: 436–444.
138. **Sánchez G., Venegas-Calación M., Granell A., Salas J., Monforte A., Badenes M., 2013.** An integrative “ omics ” approach identifies new candidate genes to impact aroma volatiles in peach fruit. *BMC Genomics*. 14: 343.
139. **Sanderson G.W., Graham H.N., 1973.** On the formation of black tea aroma. *Journal of agricultural and food chemitry*. 21: 576-85.
140. **Sawaya W.N., Khalil J.K., Safi W.M., Al-shalat A., 1983.** Physical and chemical characterization of three Saudi date cultivars at various stages of development. *Can. Ins. Food Sci. Technol. J.* 16(2): 87-93.
141. **Schmitt B., Schulz H., Storsberg J., Keusgen M., 2005.** Chemical characterization of *Allium ursinum* L. depending on harvesting time. *Journal of agricultural and food chemistry*. 53: 7288-7294.

Références bibliographiques

142. **Siboukeur O., 1997.** Qualité nutritionnelle, hygiénique et organoleptique du jus de dattes. Mémoire de Magister. INA. El Harrach. Alger. 106 pages.
143. **Spence C., 2015.** Multisensory Flavor Perception. *Cell*. 161: 24-35.
144. **Stenhagen E., Abrahamsson S., Lafferty M. C. F. W., 1974.** Registry of Mass Spectral Data. 1st ed. 4th Vol.
145. **TGSC, 2018.** The good scents company information system. <http://www.thegoodscentcompany.com/>
146. **Tietel Z., Lewinsohn E., Fallik E., Porat R., 2012.** Importance of storage temperatures in maintaining flavor and quality of mandarins. *Postharvest Biol. Technol.* 64: 175–182.
147. **Triqui R., Bouchriti N., 2003.** Freshness assessments of Moroccan sardine (*Sardina pilchardus*): comparison of overall sensory changes to instrumentally determined volatiles. *Journal of agricultural and food Chemistry*. 26: 7540-7546.
148. **Valette L., Fernandez X., Poulain S., Loiseau A.-M., Lizzani-Cuvelier L., Leveil R., Restier L., 2003.** Volatile Constituents from Romanesco Cauliflower. *Food chemistry*. 80: 353-358.
149. **Vayalil P.K., 2002.** Antioxidant and antimutagenic properties of aqueous extract of date fruit (*Phoenix dactylifera* L.). *Journal of agriculture and food chemistry*. 50: 610-617.
150. **Vilanova M., Genisheva Z., Bescansa L., Masa A., Oliveira J.M., 2012.** Changes in free and bound fractions of aroma compounds of four *Vitis vinifera* cultivars at the last ripening stages. *Phytochemistry*. 74: 196-205.
151. **Villatoro C., Altisent R., Echeverría G., Graell J., López M.L., Lara I., 2008.** Changes in biosynthesis of aroma volatile compounds during on-tree maturation of ‘Pink Lady®’ apples. *Postharvest Biology and Technology*. 47(3):286-295.
152. **Wang H.B., Chen X.S., Xin P.G., Feng T., Shi J., Ci Z.J., 2007.** GC-MS analysis of volatile components in several early apple cultivars (in Chinese). *J. Fruit Sci.* 24: 11–15.
153. **Wang K. C., Ohnuma S., 2000.** Isoprenyl diphosphate synthases. *Biochim Biophys Acta*. 1529(1-3): 33-48.
154. **Wei S., Qin G., Zhang H., Tao S., Wu J., Wang S., Zhang S., 2017.** Calcium treatments promote the aroma volatiles emission of pear (*Pyrus ussuriensis* ‘Nanguoli’) fruit during post-harvest ripening process. *Scientia Horticulturae*. 215: 102-111.
155. **Wei C.B., Liu S.H., Liu Y.G., Lv L.L., Yong W.X., Sun G.M., 2011.** Characteristic aroma compounds from different pineapple parts. *Molécules*. 16: 5104-5112.
156. **Wu X., Beecher G., Holden J., Haytowitz D., Gebhardt S., Prior R., 2004.** Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52: 4026-4037.
157. **Yahiaoui K., 1998.** Caractérisation physicochimique et l’évolution du brunissement de la datte Deglet-Nour au cours de la maturation. Mémoire de Magister. INA, El-Harrach. Alger. 103 pages.

Références bibliographiques

158. **Yang C., Wang Y., Liang Z., Fan P., Wu B., Yang L., Wang Y., Li S., 2009.** Volatiles of grape berries evaluated at the germplasm level by headspace-SPME with GC-MS. *Food Chem.* 114: 1106–1114.
159. **Yang C.X., Wang Y.J., Wu B.H., Fang J.B., Li S.H., 2011.** Volatile compounds evolution of three table grapes with different flavor during and after maturation. *Food Chemistry.* 128: 823–830.
160. **Youssif A.K., Benjamin N.D., Kado A., Alddin S.M., Ali S.M., 1982.** Chemical composition of four Iraqi date cultivars. *Date Palm Journal.* 1: 285-294.
161. **Zhang B., Xi W.P., Wei W.W., Shen J.Y., Ferguson I., Chen K.S., 2011.** Changes in aroma-related volatiles and gene expression during low temperature storage and subsequent shelf-life of peach fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 60: 7–16.
162. **Zhang X., Jiang Y.M., Peng F.T., He N.B., Li Y.J., Zhao D.C., 2007.** Changes of Aroma Components in Hongdeng Sweet Cherry During Fruit Development. *Agricultural Sciences in China.* 6 (11): 1376-1382.

ANNEXES

Annexe 1

Chromatogrammes d'arôme des variétés étudiées par les deux techniques SPME et SAFE

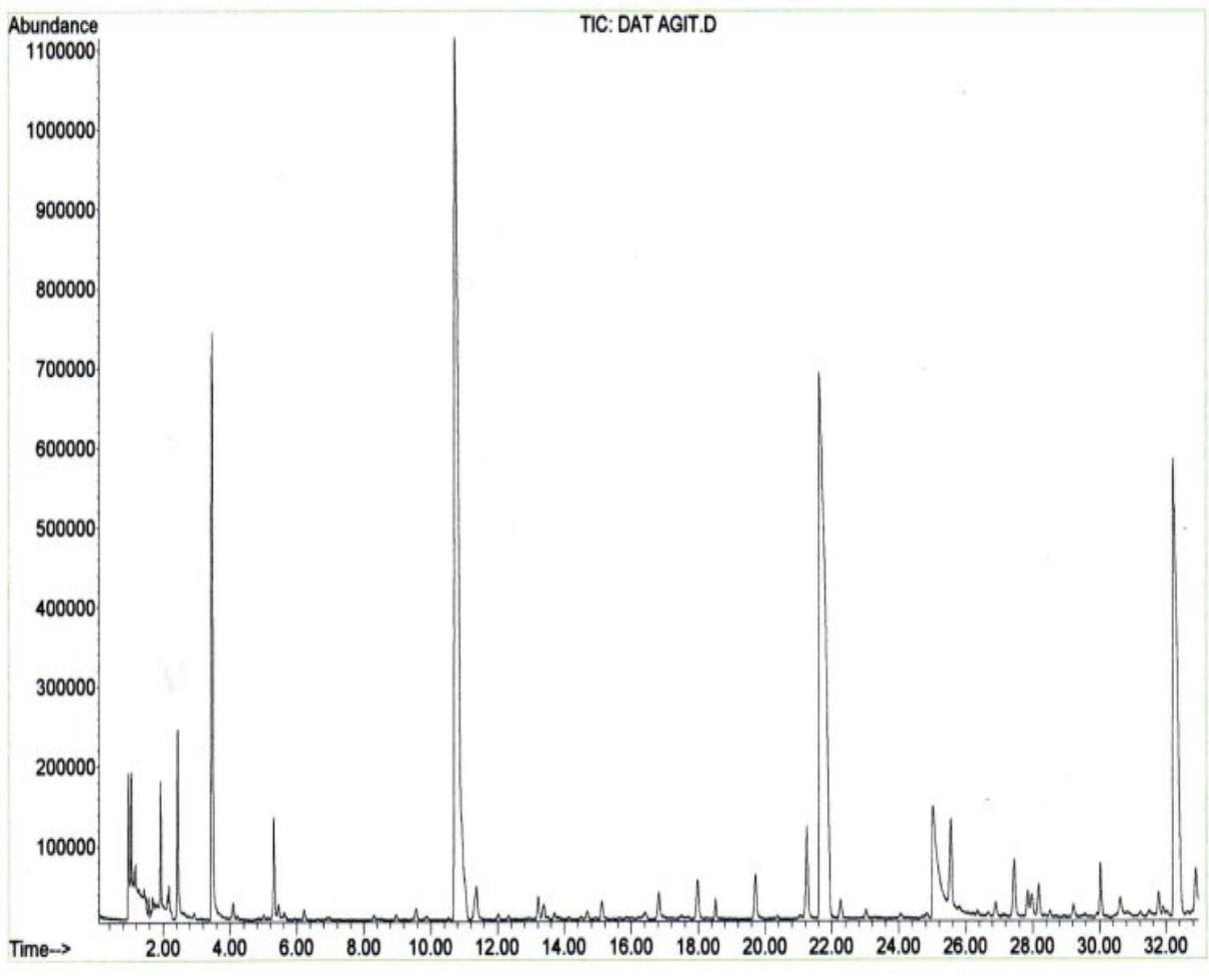


Figure 32 : Chromatogramme d'arôme de la datte Deglet Nour extrait par SPME avec agitation

Annexes

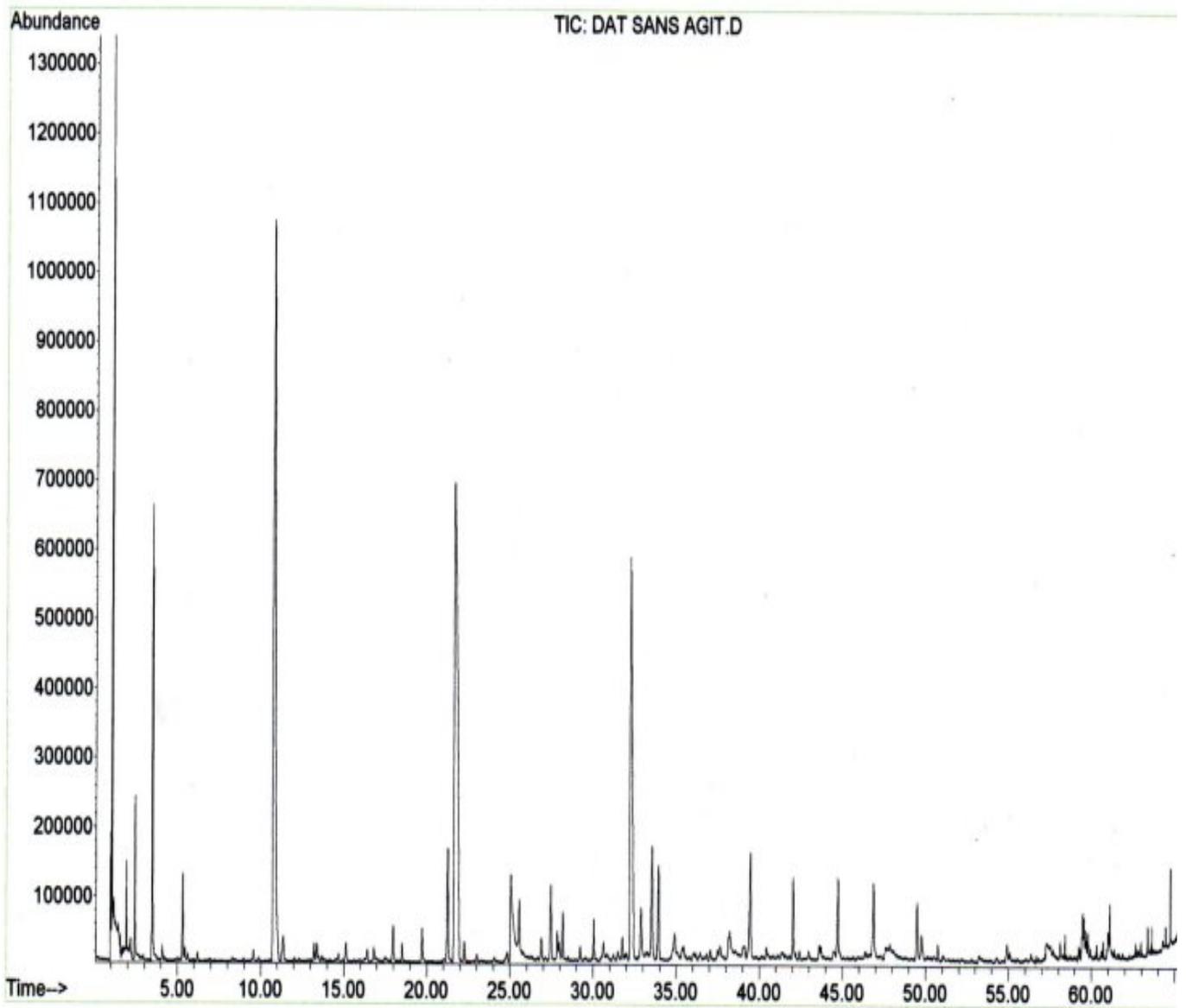


Figure 33 : Chromatogramme d'arôme de la datte Deglet Nour extrait par SPME sans agitation

Annexes

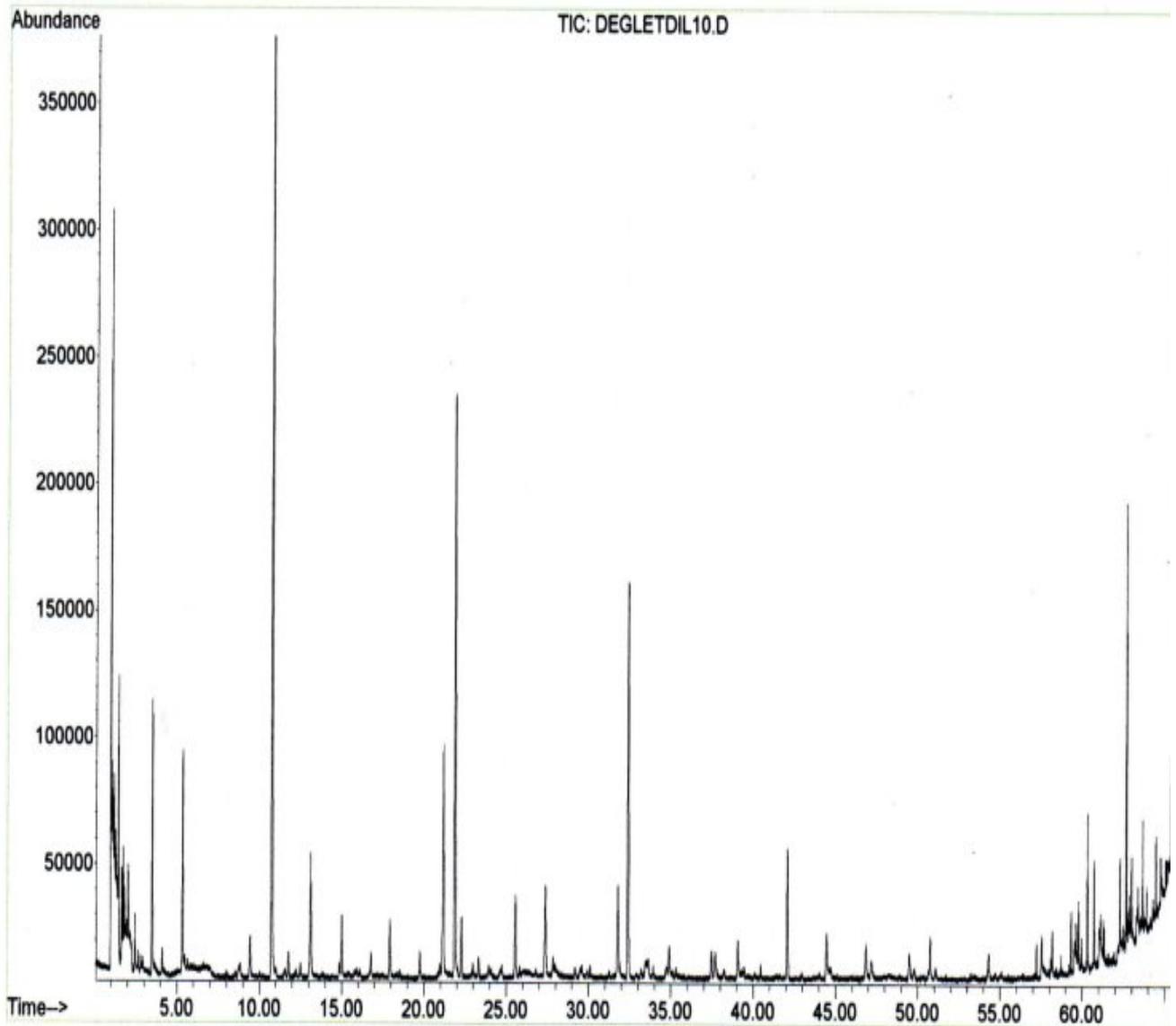


Figure 34 : Chromatogramme d'arôme de la datte Deglet Nour extrait par SPME à partir d'un sirop de dilution 10 %

Annexes

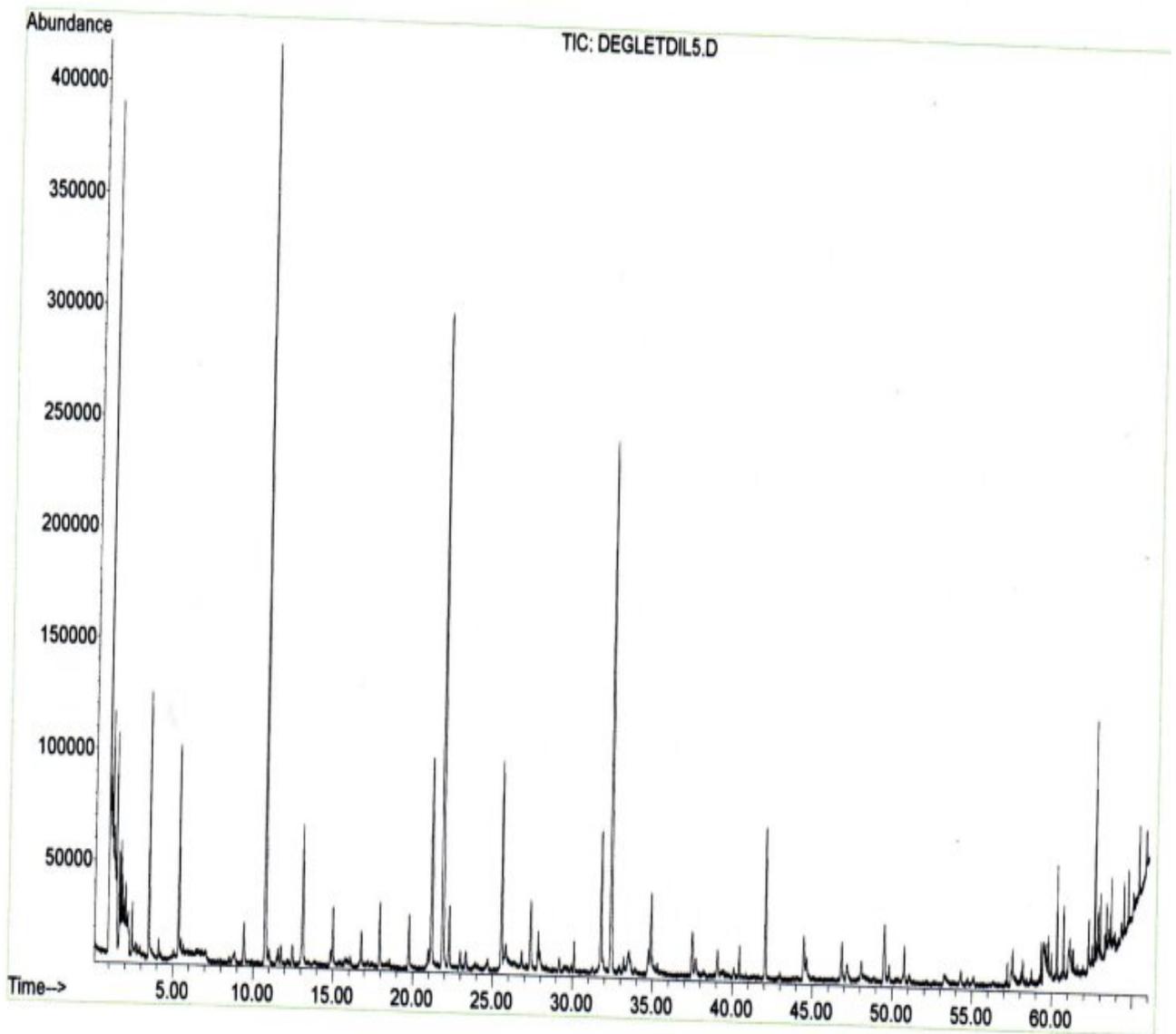


Figure 35: Chromatogramme d'arôme de la datte Deglet Nour extrait par SPME à partir d'un sirop de dilution 5 %

Annexes

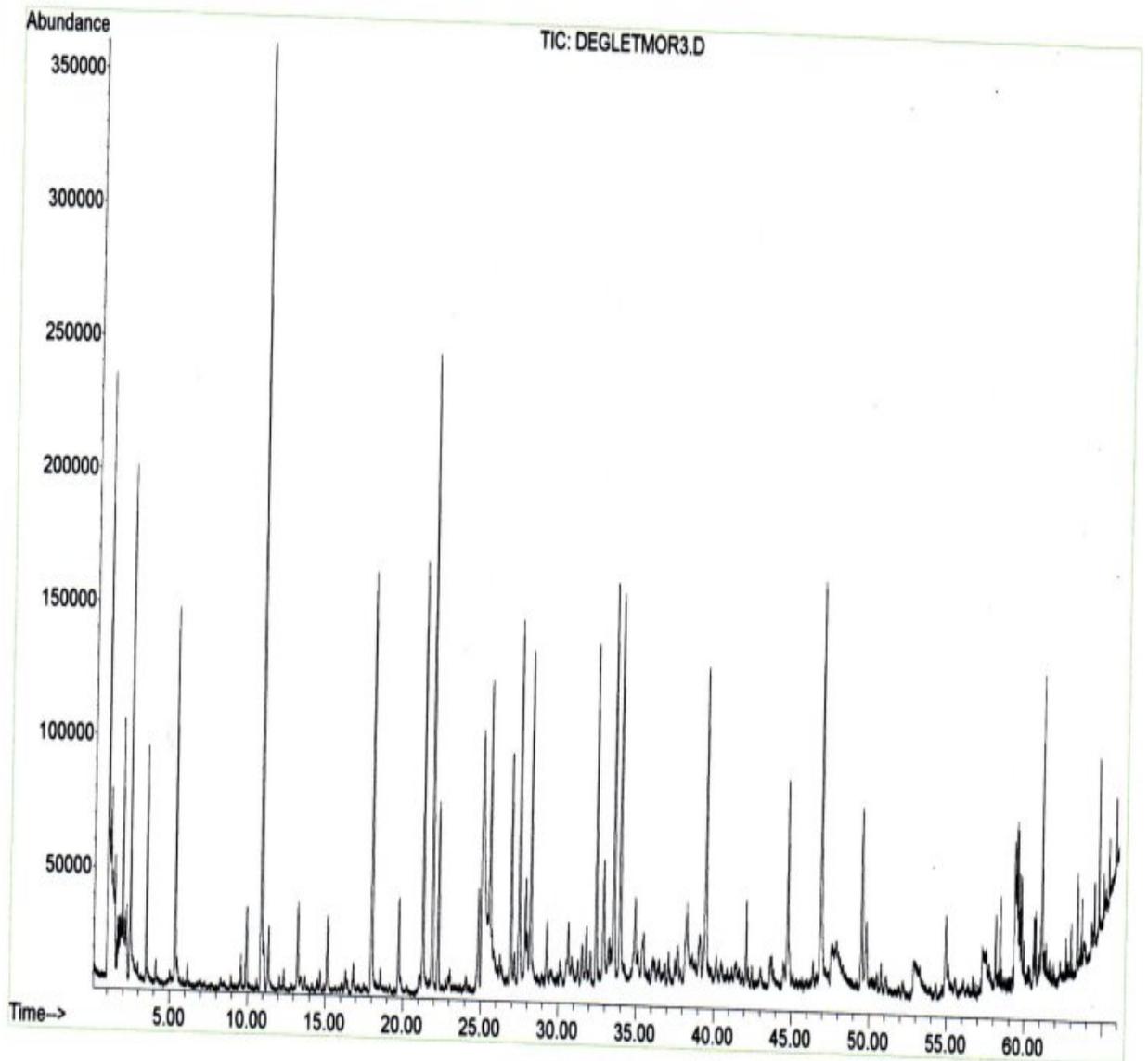


Figure 36: Chromatogramme d'arôme de la datte Deglet Nour extrait par SPME à partir des morceaux

Annexes

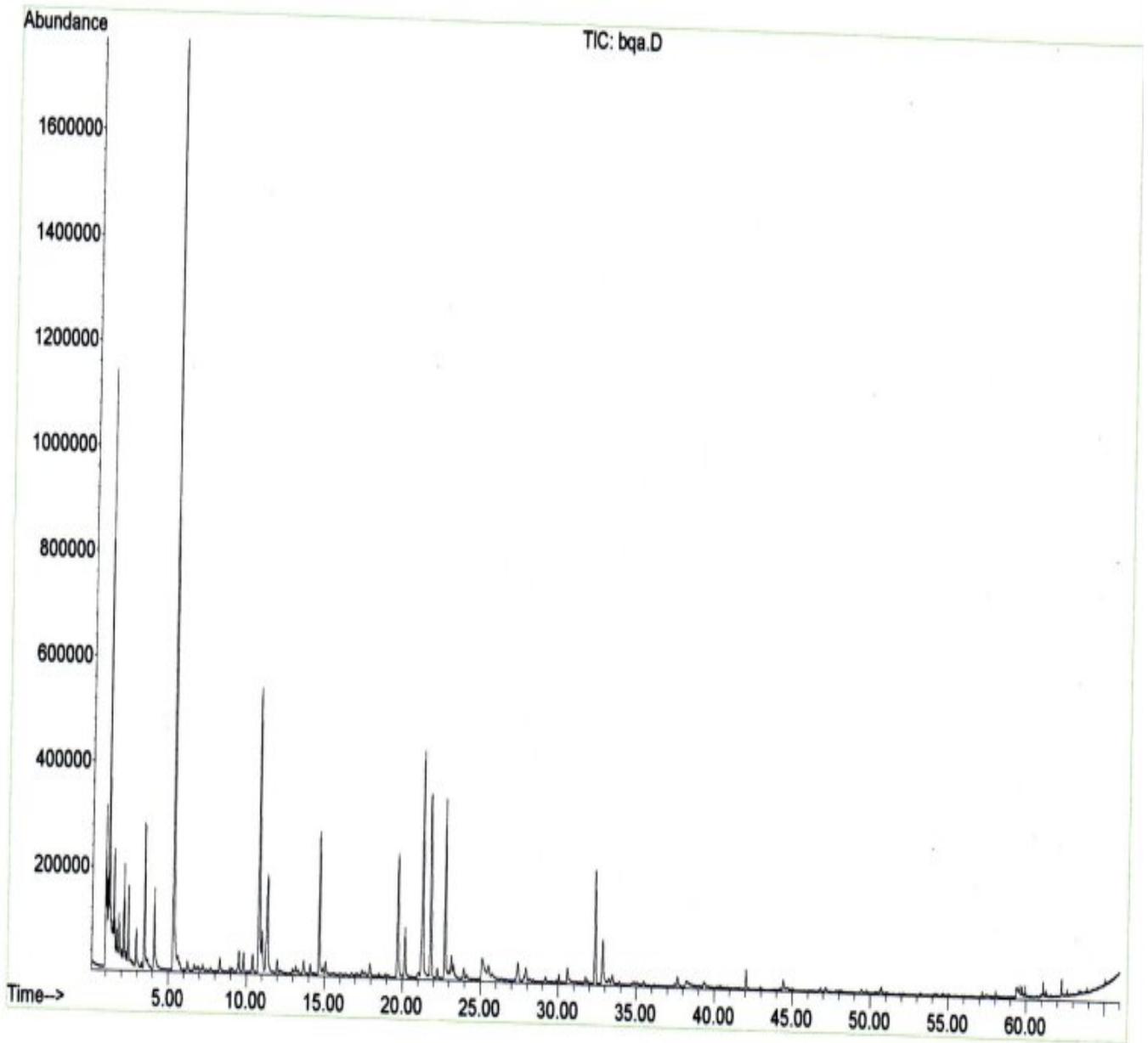


Figure 37 : Chromatogramme d'arôme de la datte Bent Qbala extrait par SPME

Annexes

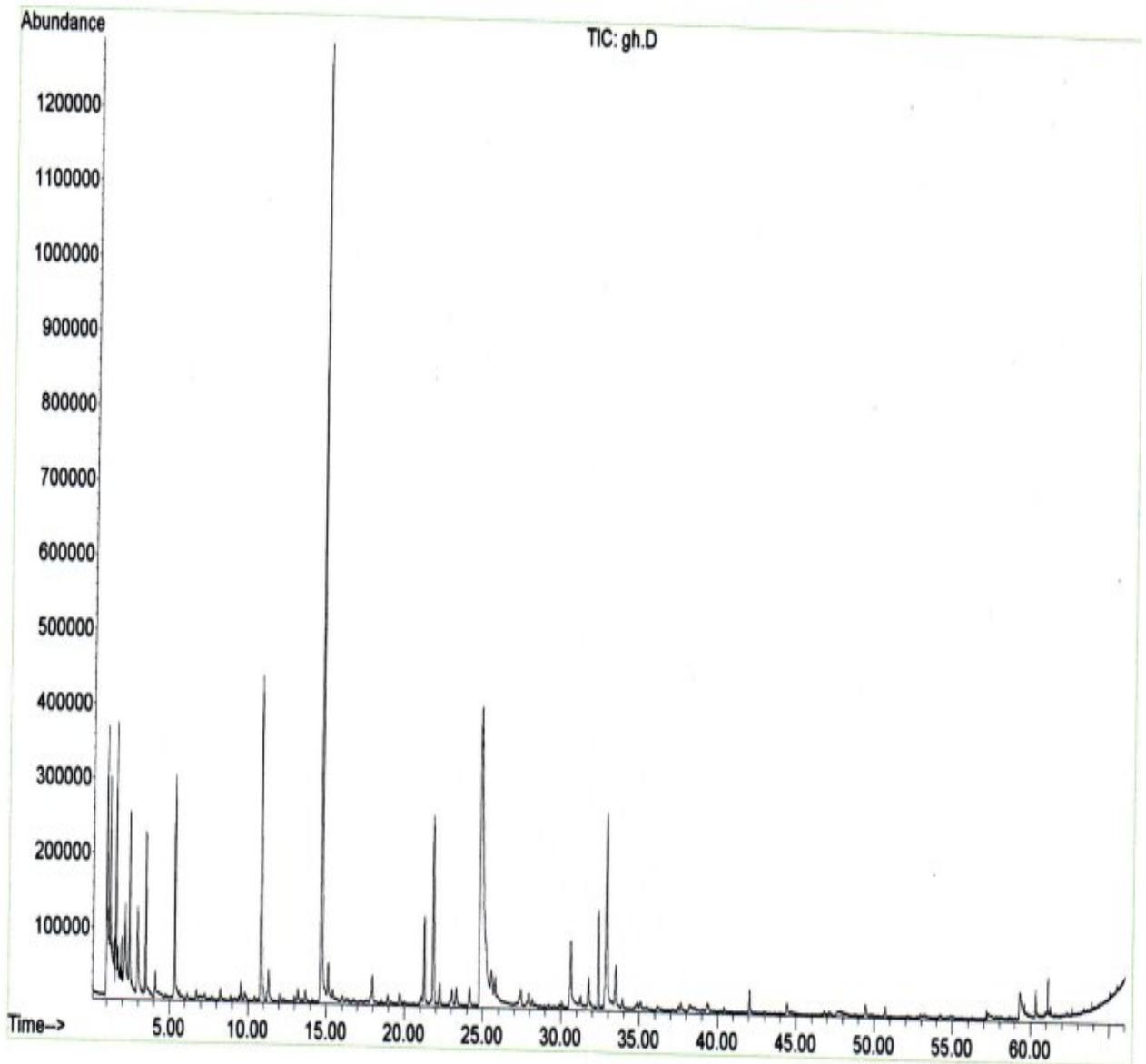


Figure 38 : Chromatogramme d'arôme de la datte Ghars extrait par SPME

Annexes

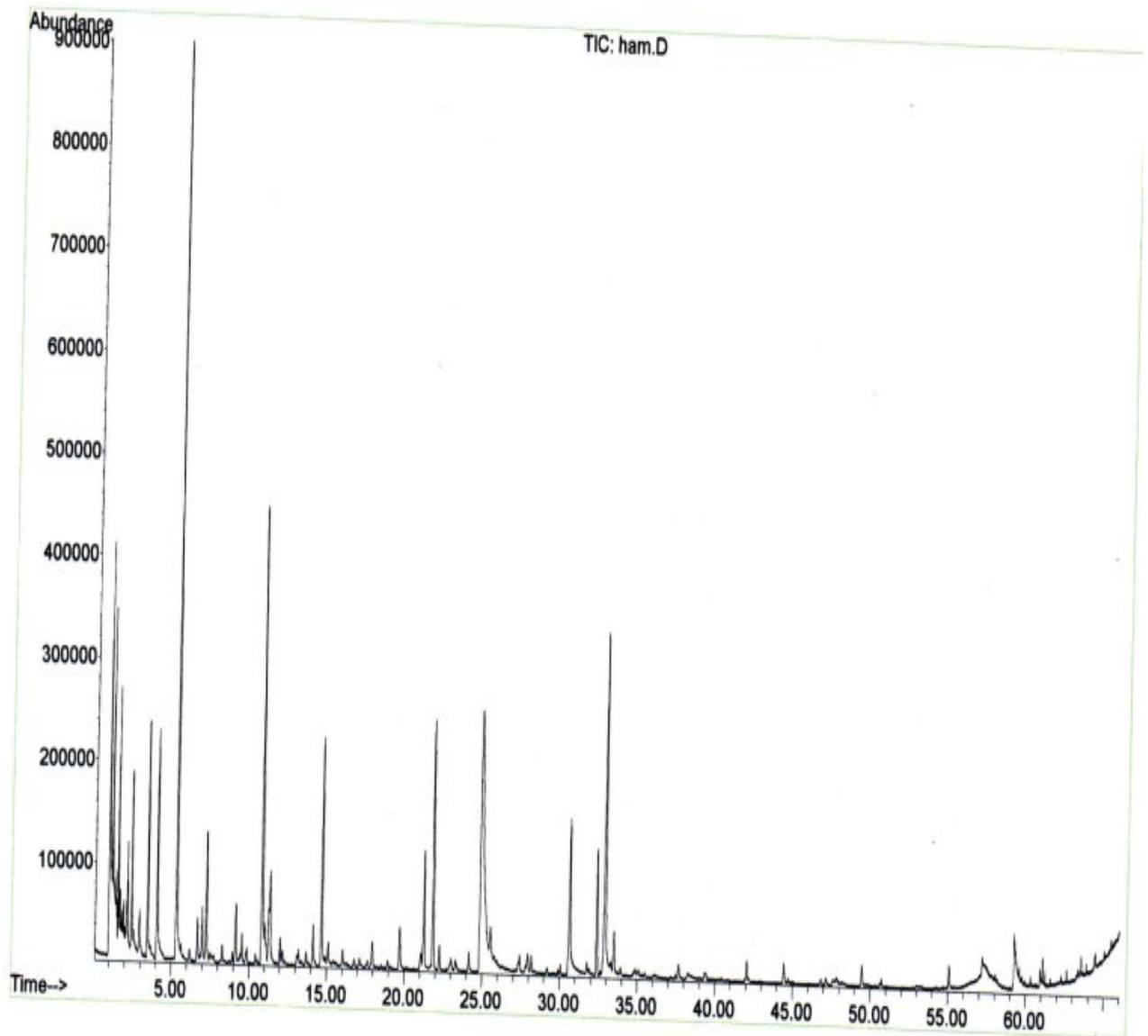


Figure 39 : Chromatogramme d'arôme de la datté Hamraia extrait par SPME

Annexes

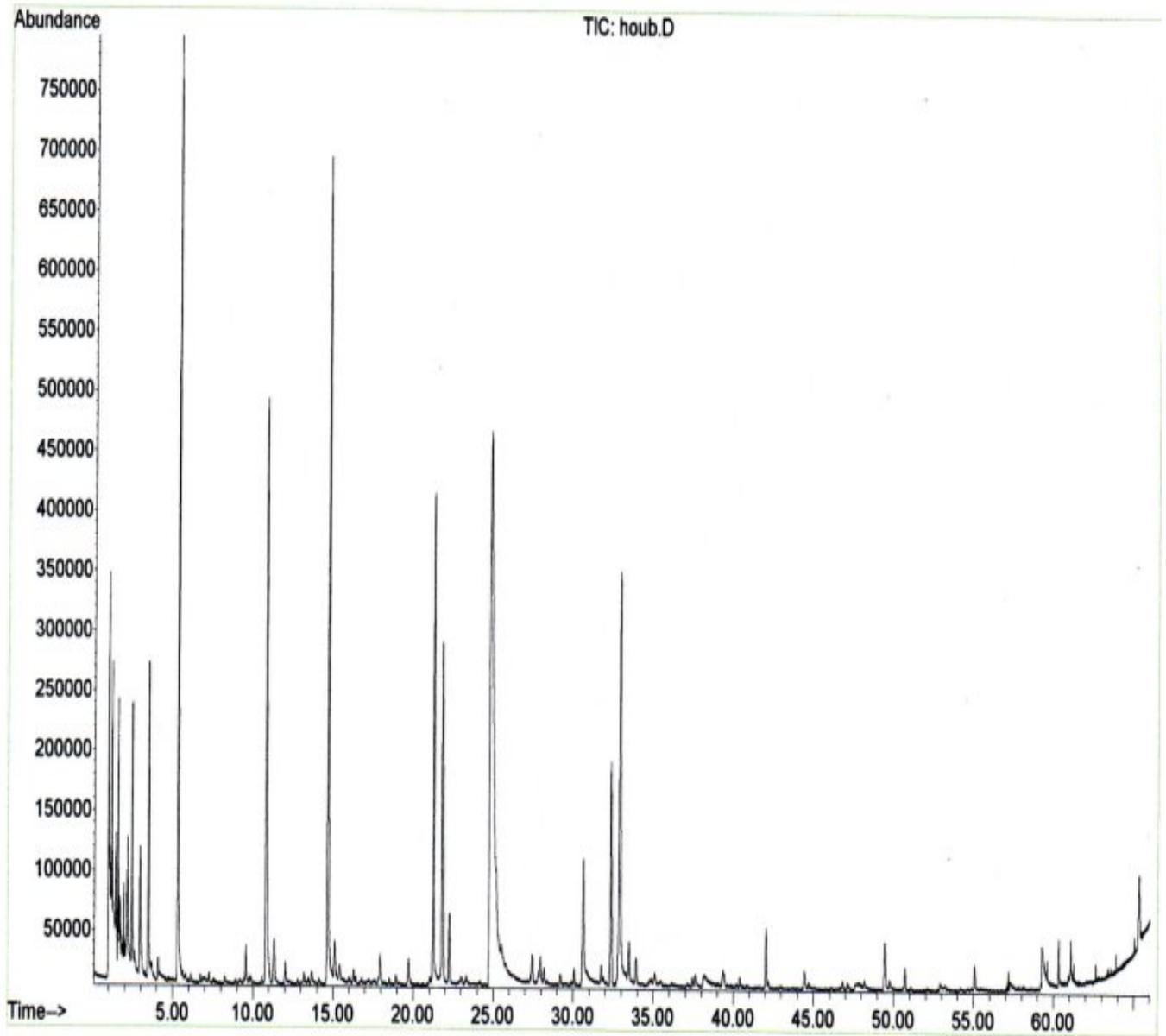


Figure 40 : Chromatogramme d'arôme de la datte Houbales extrait par SPME

Annexes

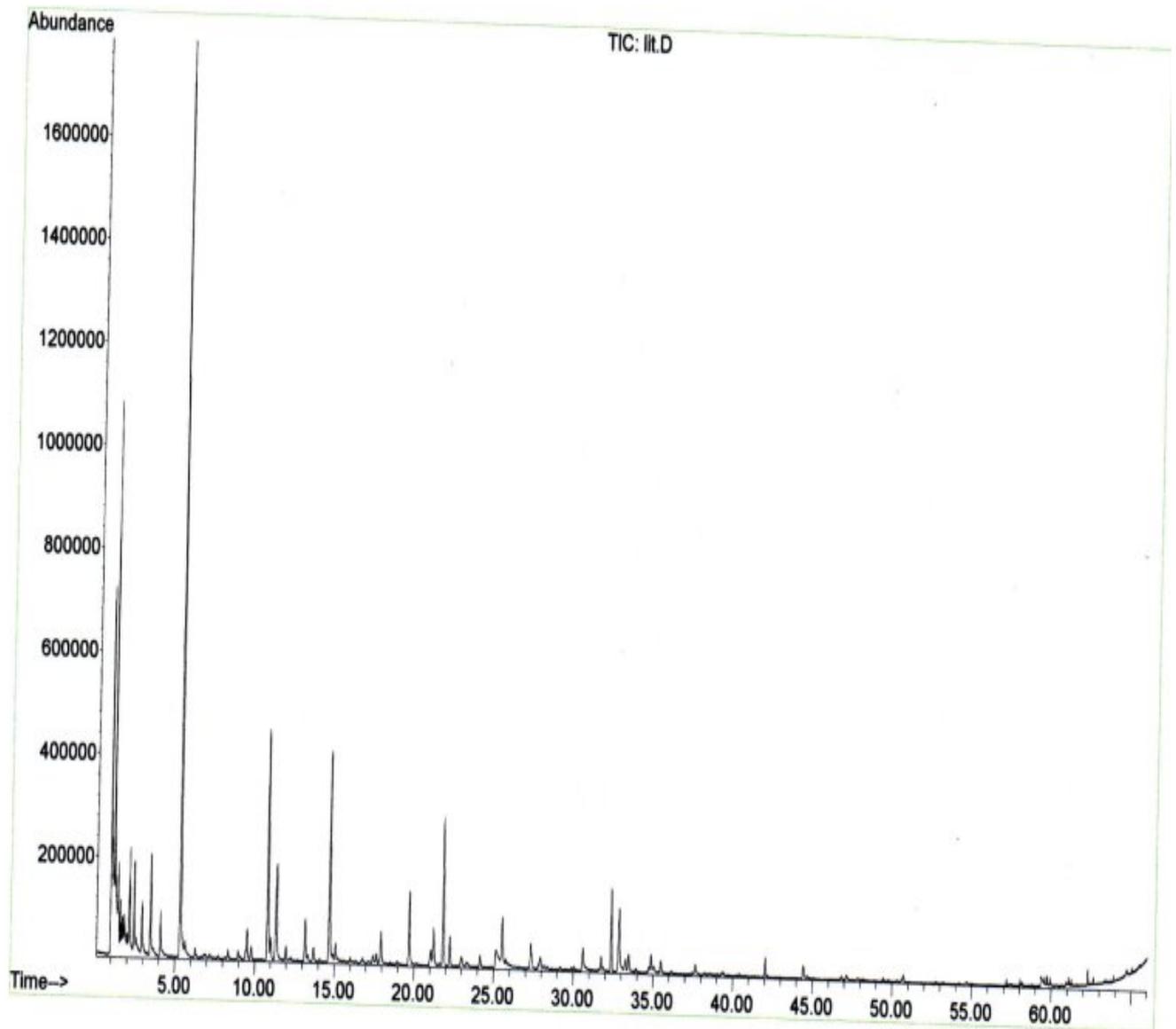


Figure 41 : Chromatogramme d'arôme de la datte Litima extrait par SPME

Annexes

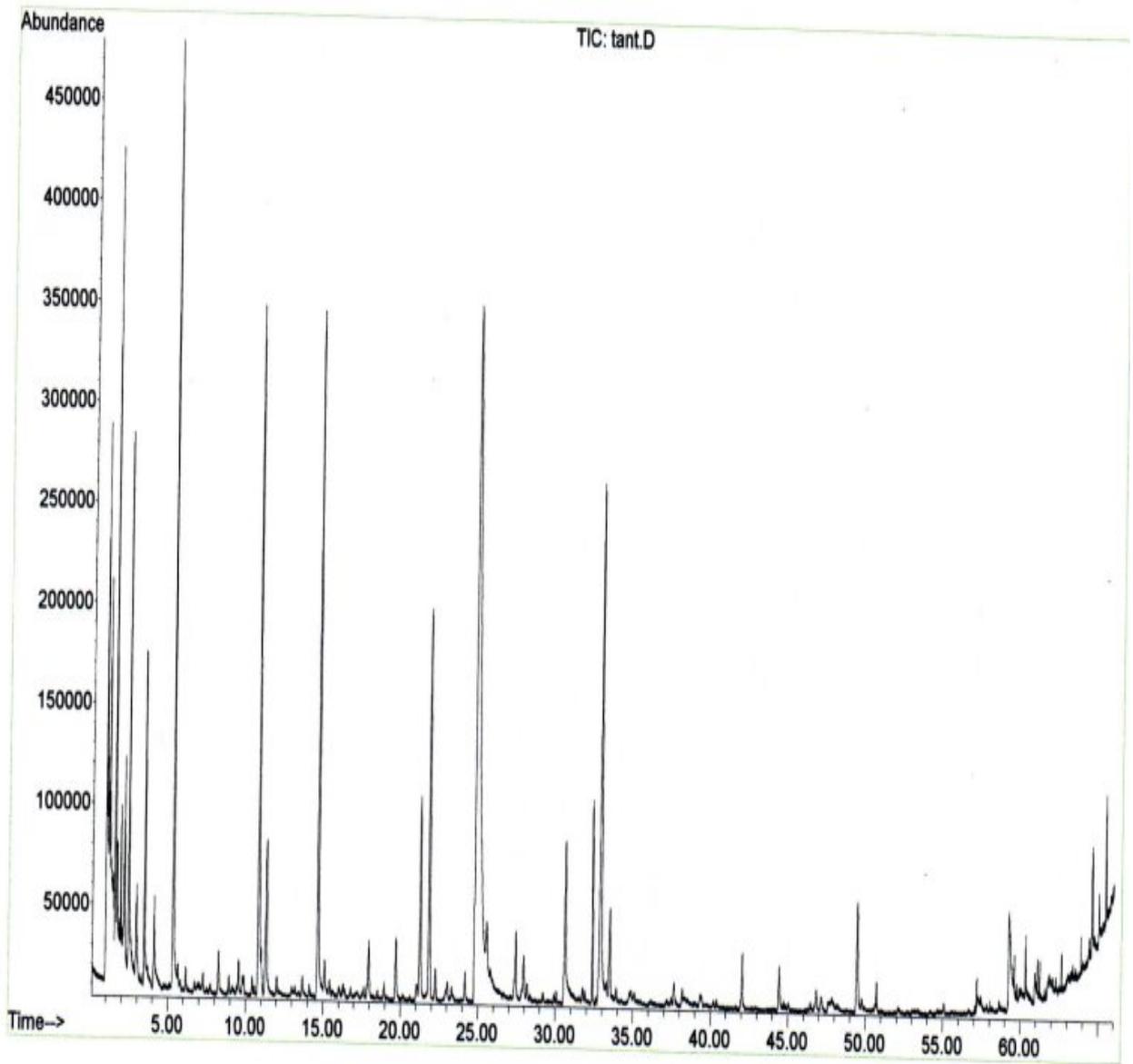


Figure 42 : Chromatogramme d'arôme de la datte Tantbouchet extrait par SPME

Annexes

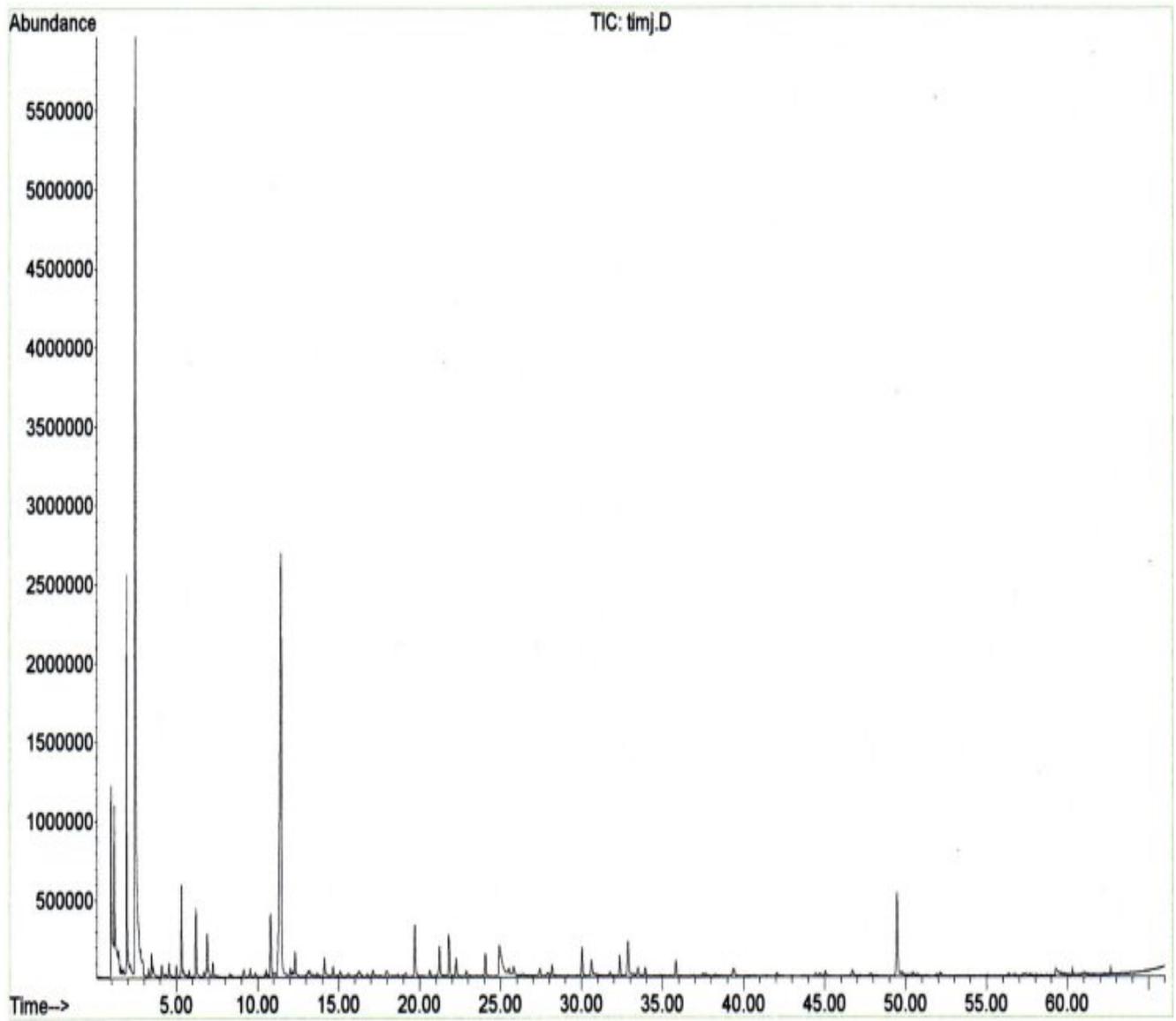


Figure 43 : Chromatogramme d'arôme de la datte Timjouhart extrait par SPME

Annexes

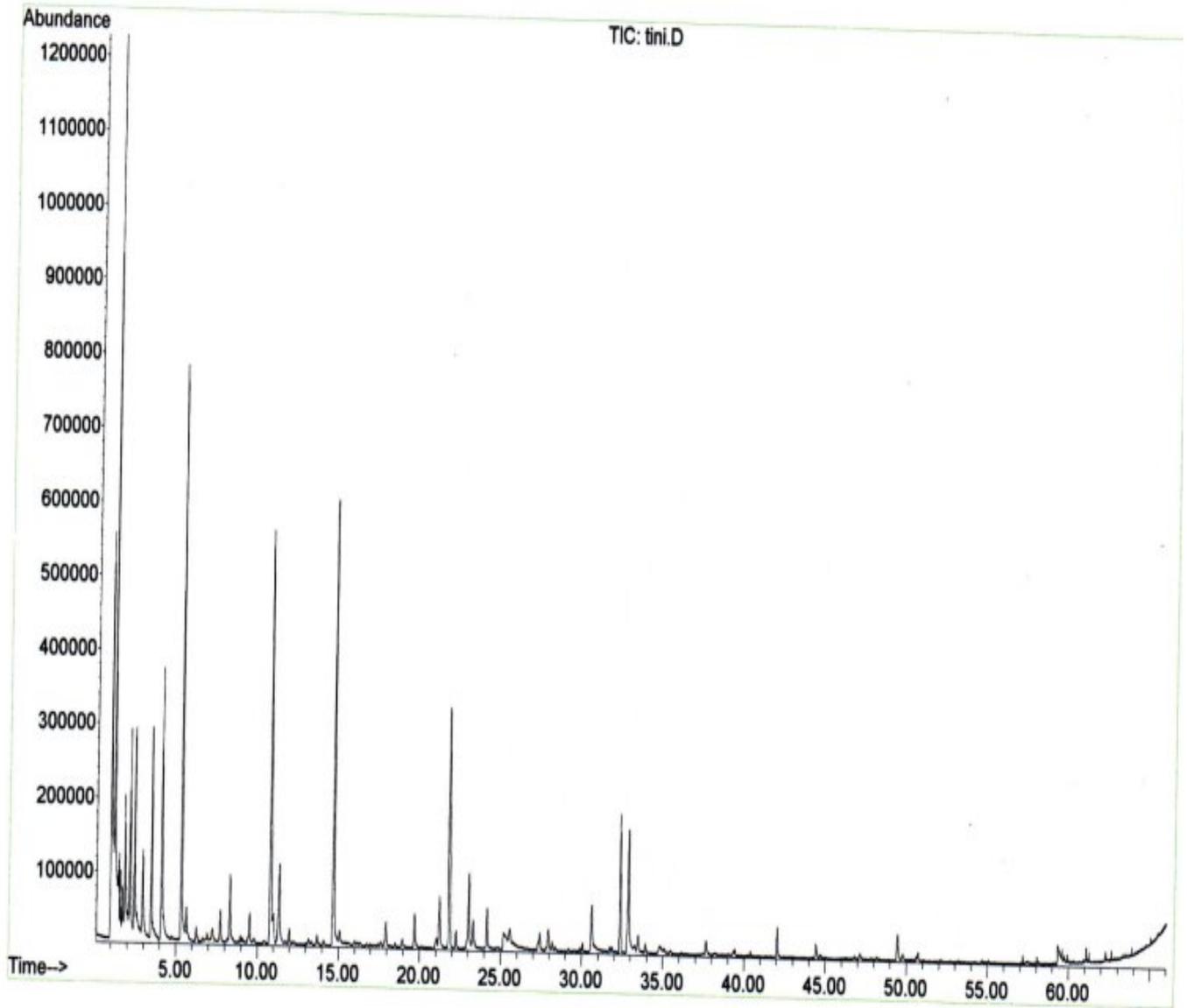


Figure 44 : Chromatogramme d'arôme de la datte Tinicine extrait par SPME

Annexes

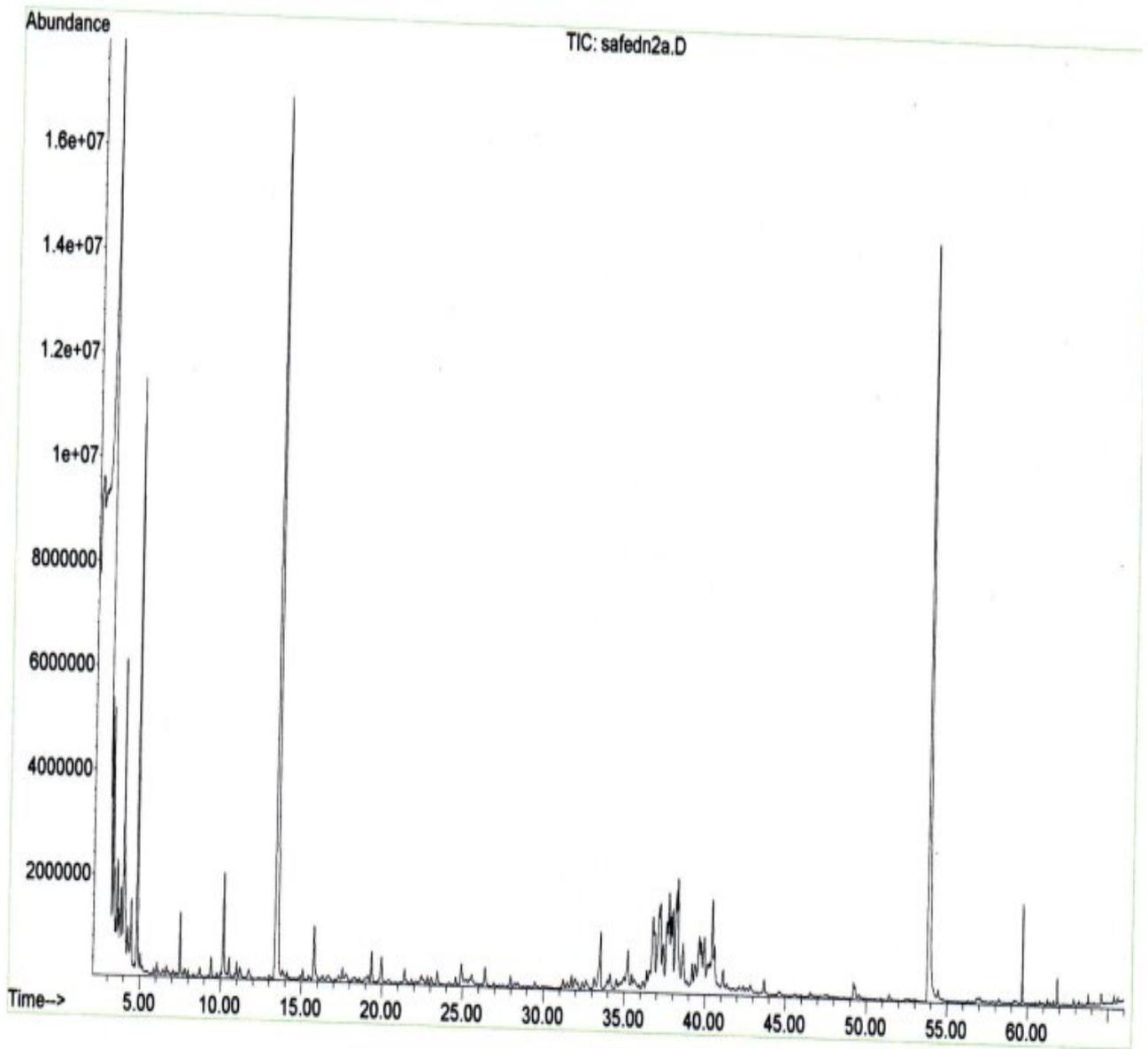


Figure 45 : Chromatogramme d'arôme de la datte Deglet Nour extrait par SAFE

Annexes

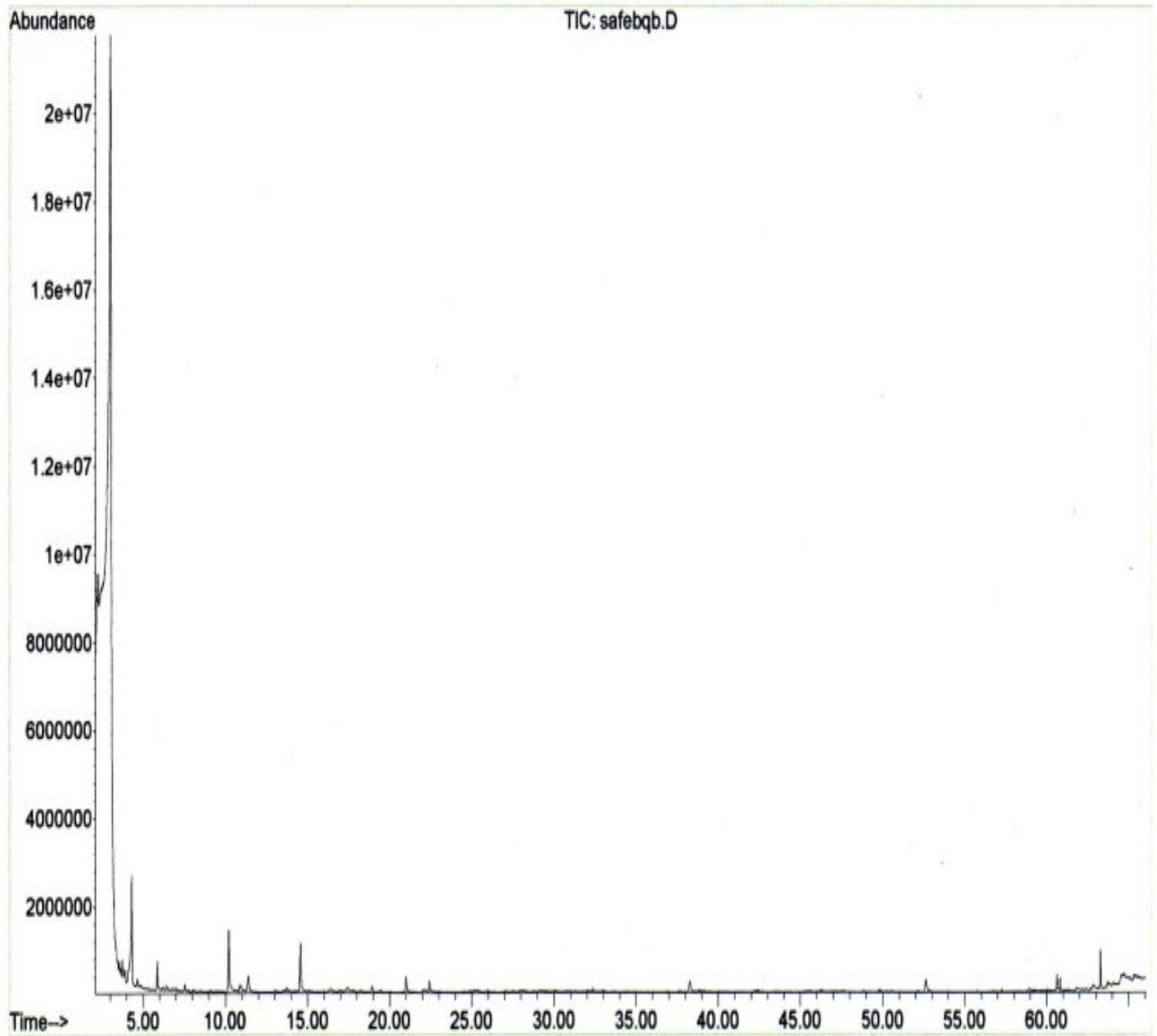


Figure 46 : Chromatogramme d'arôme de la datte Bent Qbala extrait par SAFE

Annexes

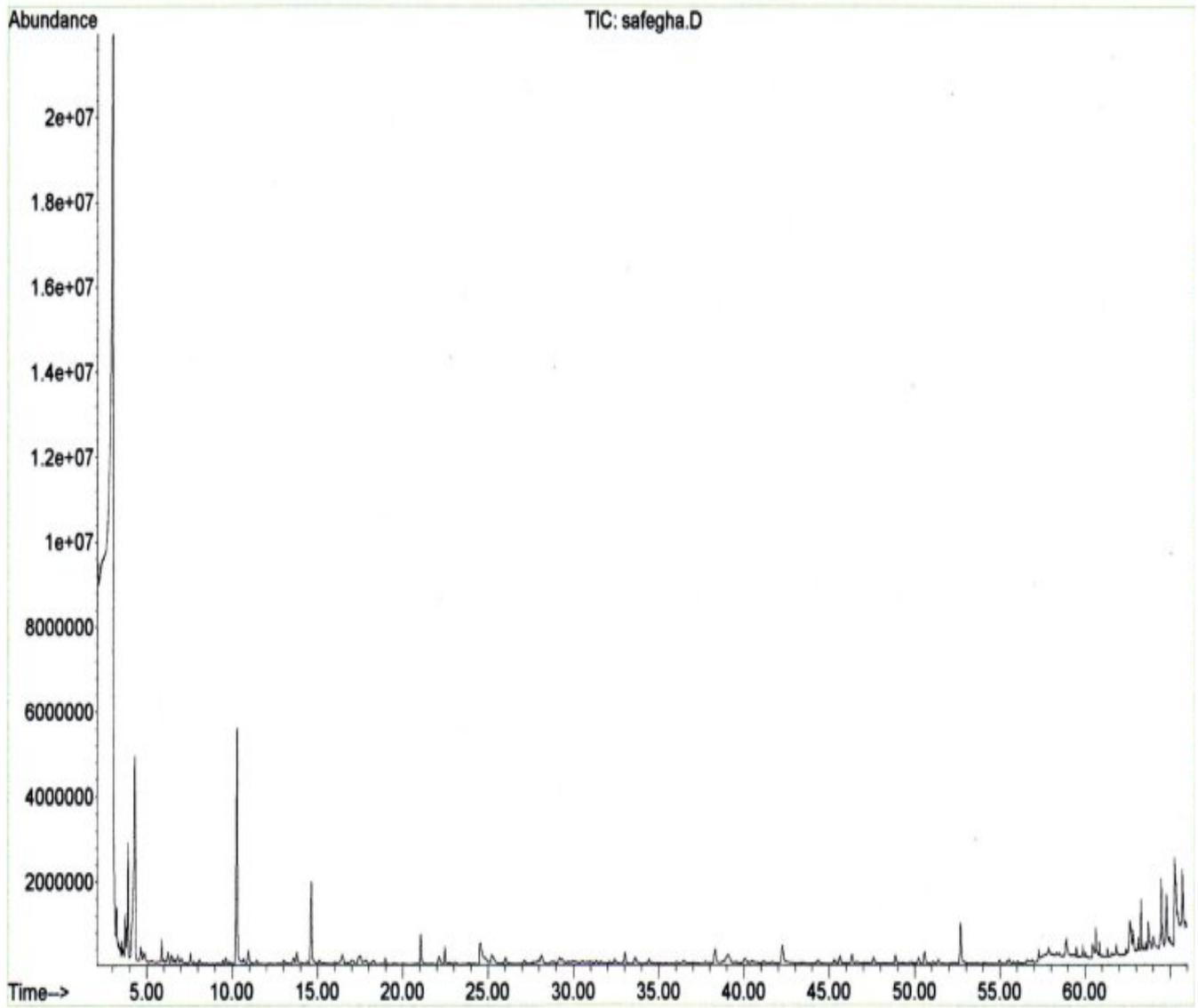


Figure 47 : Chromatogramme d'arôme de la datte Ghars extrait par SAFE

Annexes

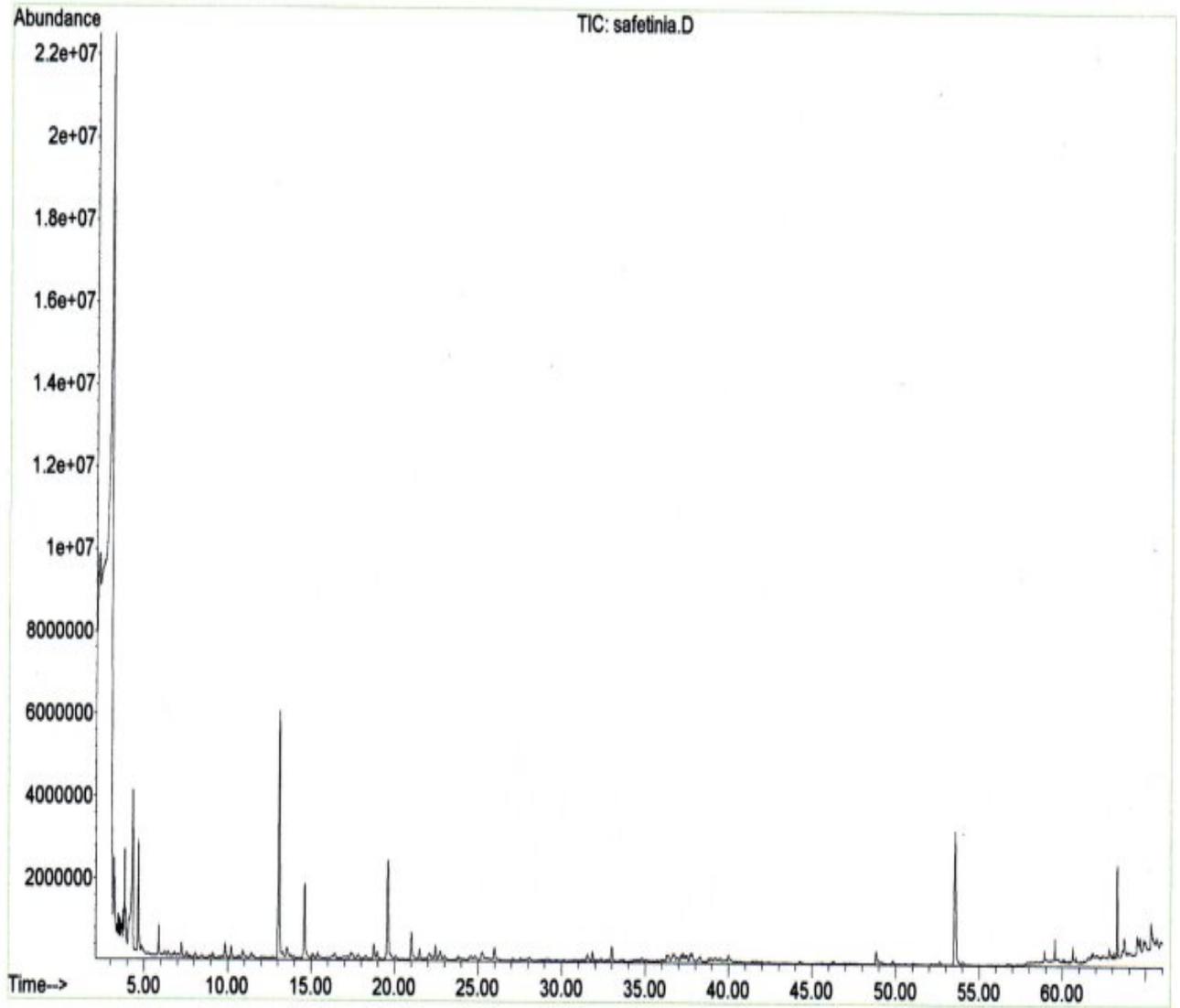


Figure 48 : Chromatogramme d'arôme de la datte Tinicine extrait par SAFE

Annexes

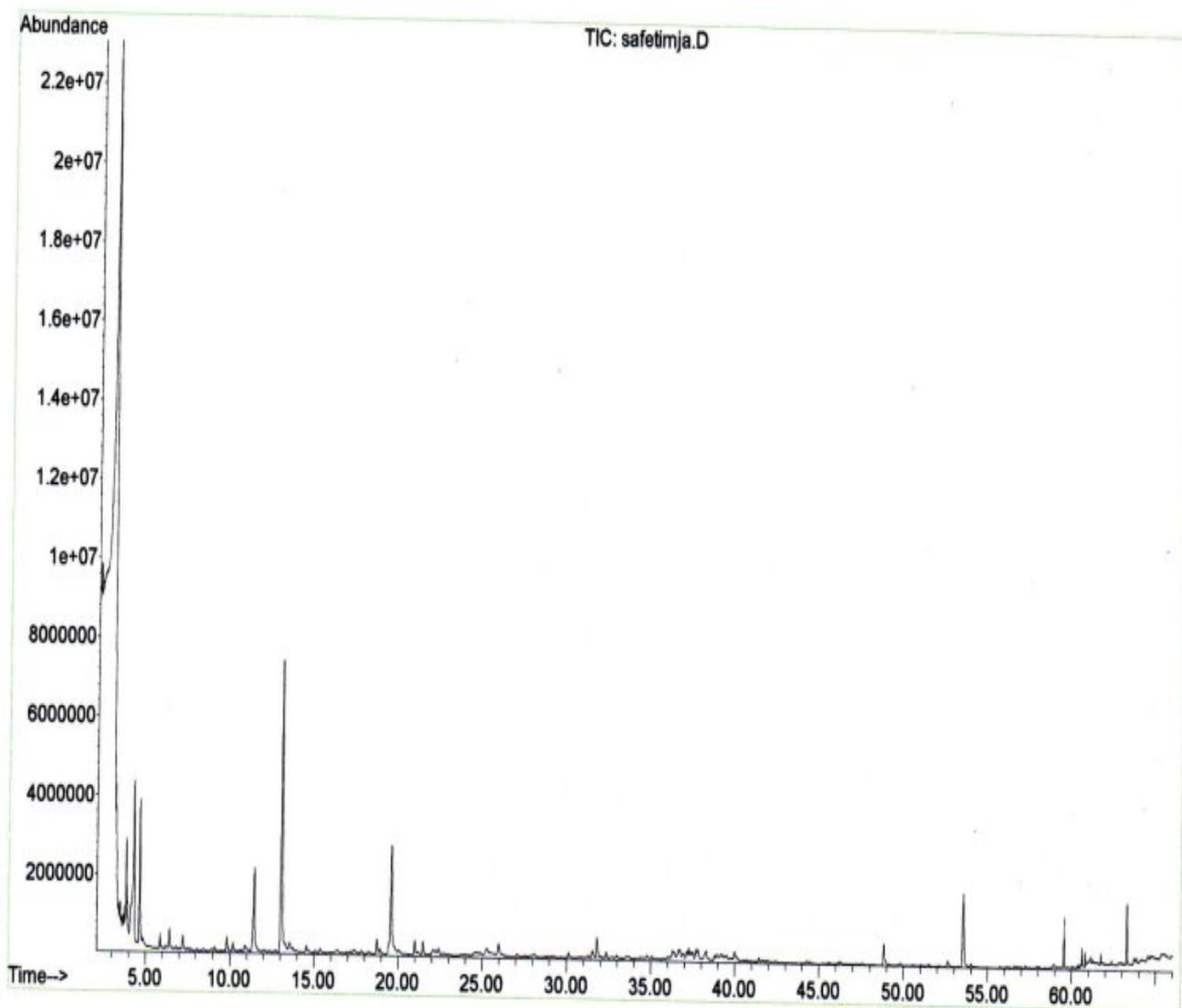


Figure 49 : Chromatogramme d'arôme de la datte Timjouhart extrait par SAFE

Annexes

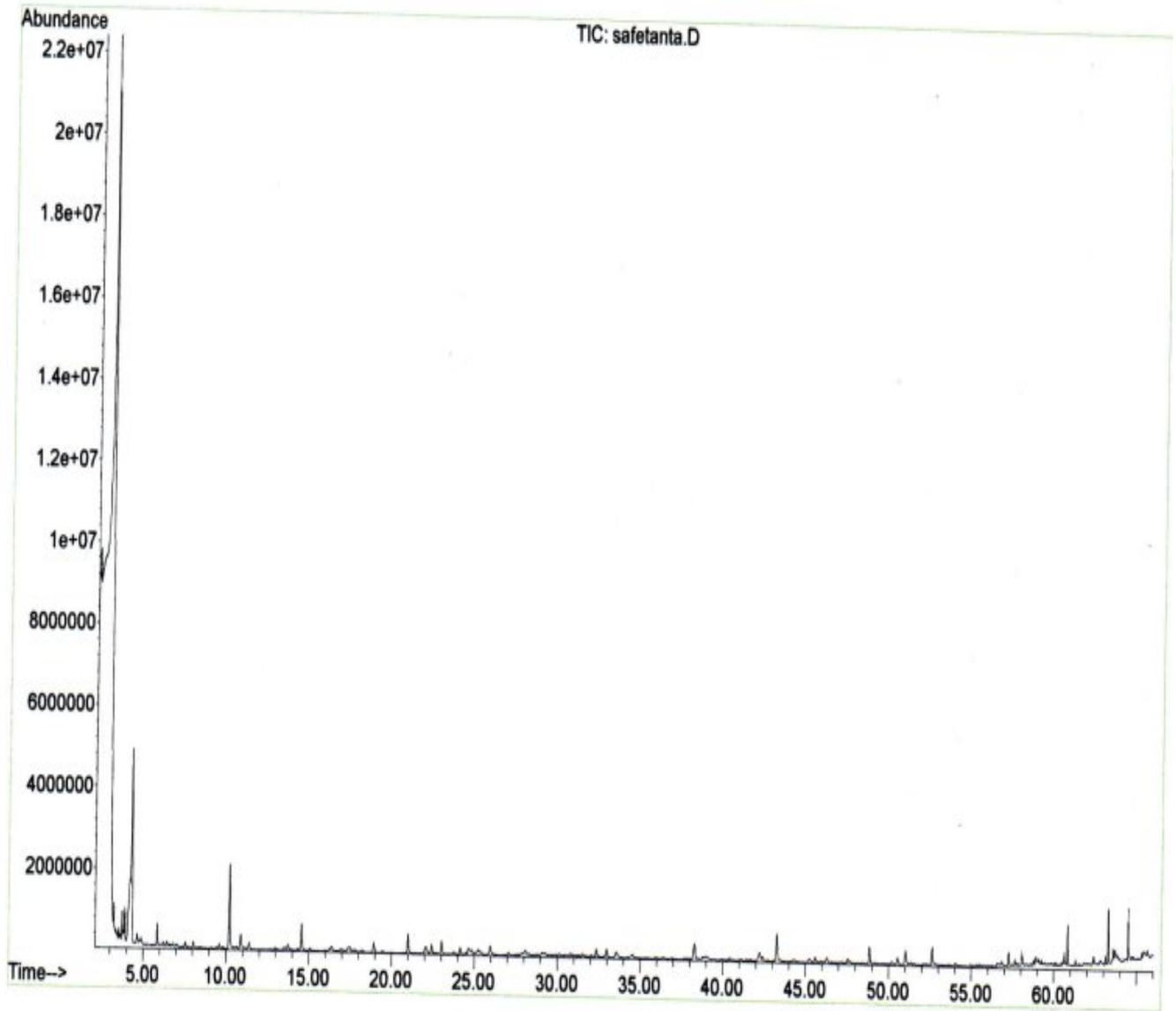


Figure 50 : Chromatogramme d'arôme de la datte Tantbouchet extrait par SAFE

Annexes

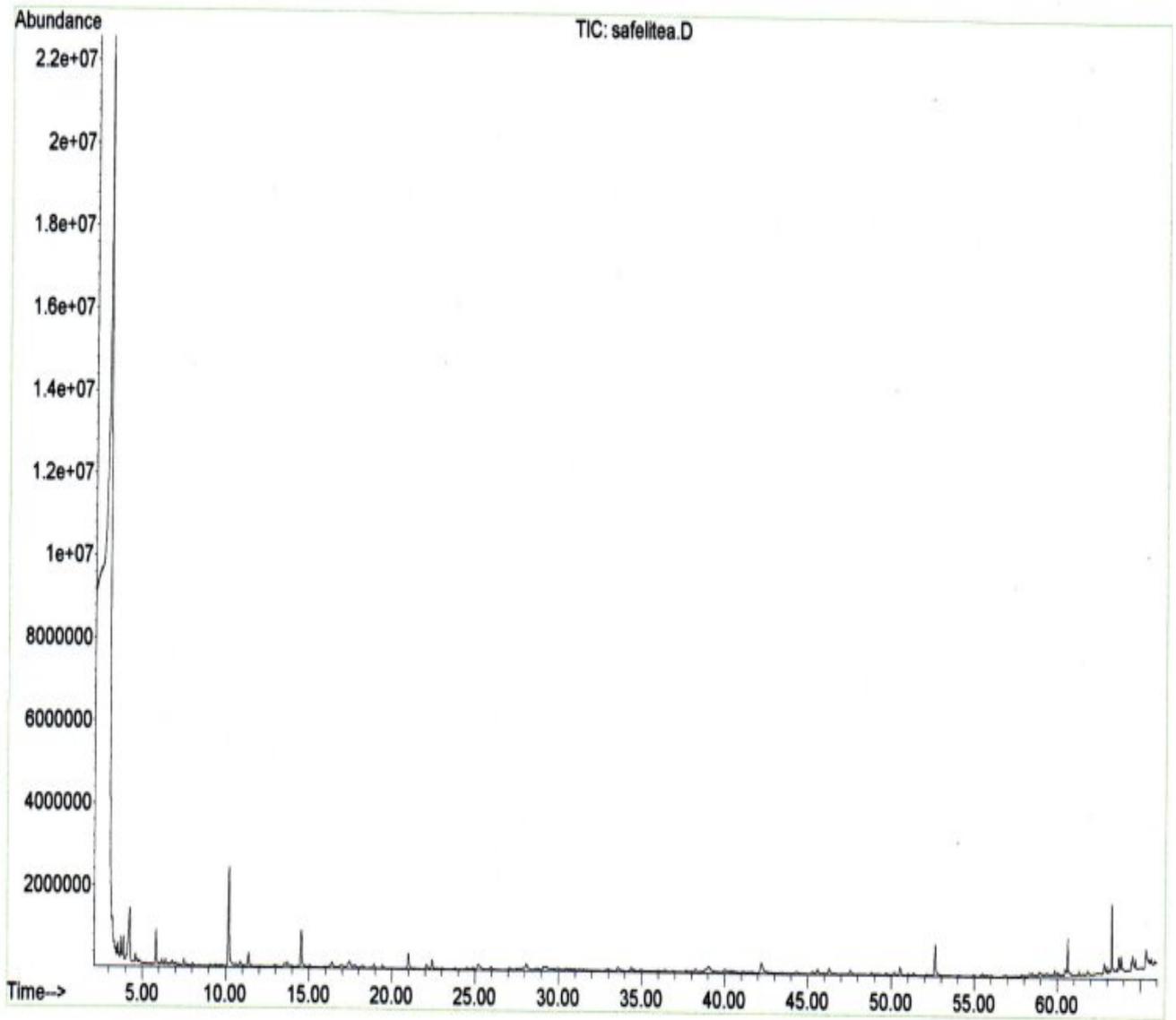


Figure 51 : Chromatogramme d'arôme de la datte Litima extrait par SAFE

Annexes

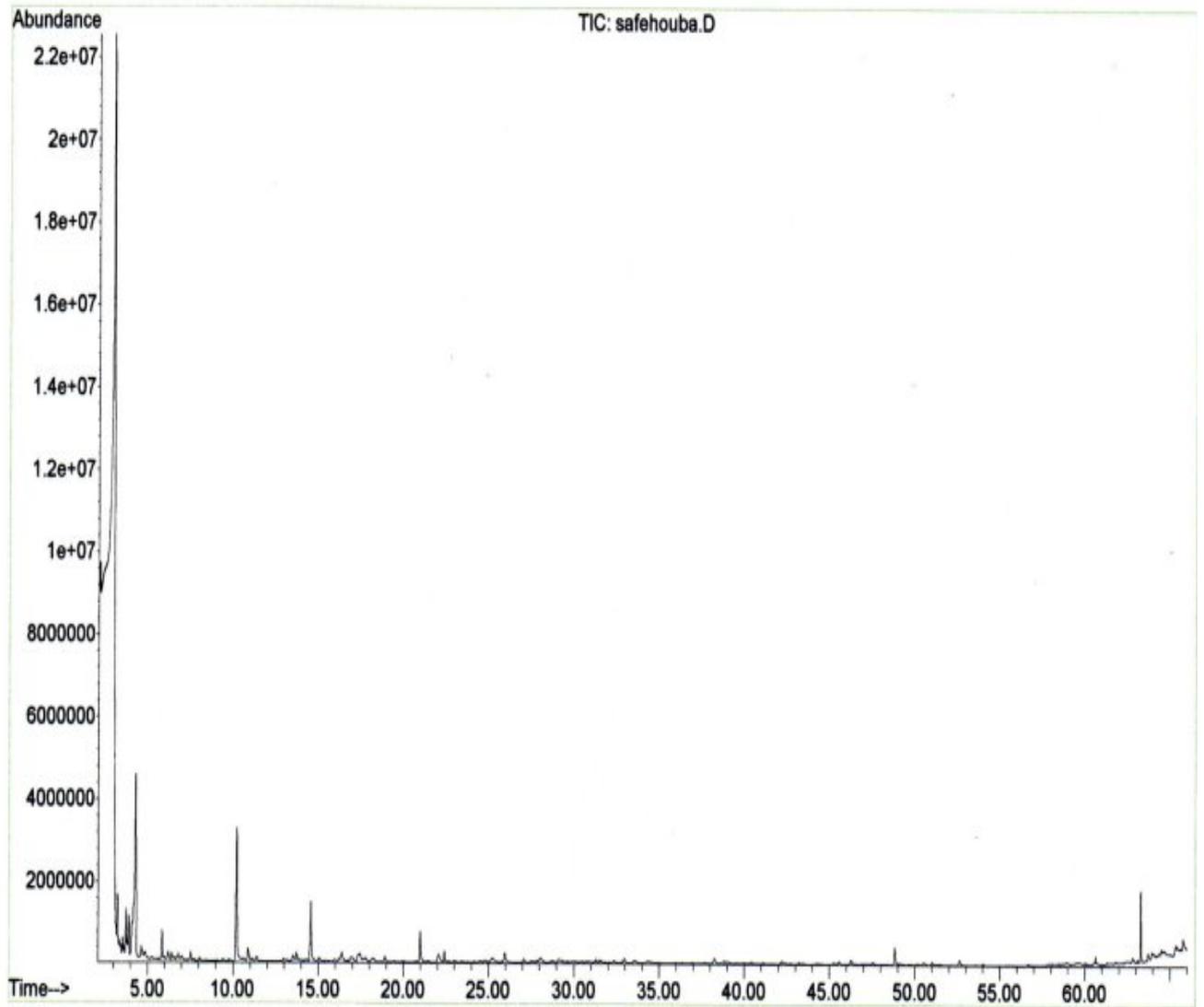


Figure 52 : Chromatogramme d'arôme de la datte Houbales extrait par SAFE

Annexes

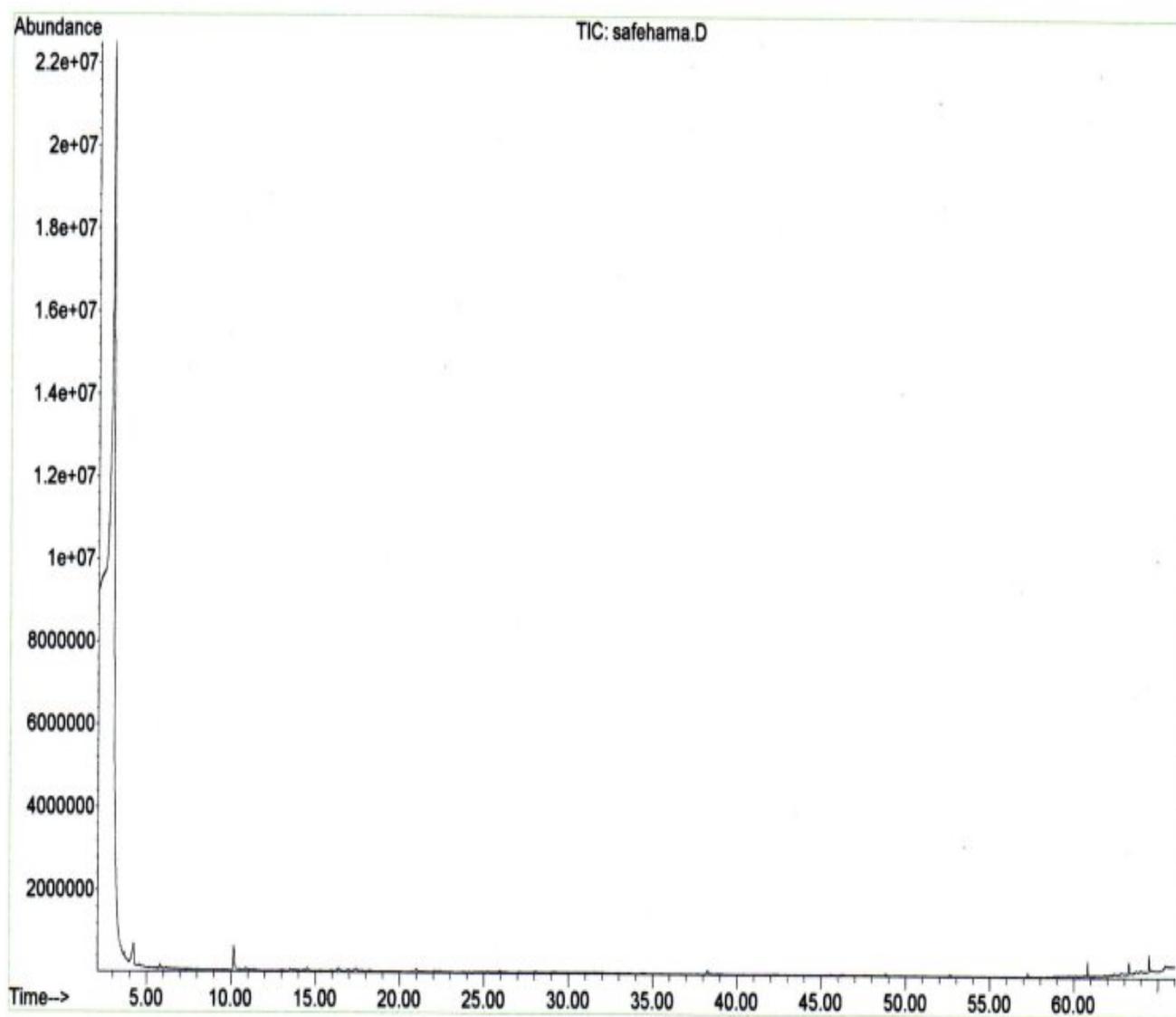


Figure 53 : Chromatogramme d'arôme de la datte Hamraia extrait par SAFE

Annexes

Annexe 2

Analyse de variance des caractéristiques morphologiques et physico-chimiques des variétés étudiées de dattes algériennes

Tableau 29 : Analyse de variance de diamètre des noyaux de dattes étudiées

	N	Mean	Grouping	$P = 0,848$
Tantbouchet	3	0,9500	A	
Bent Qbala	3	0,9500	A	
Houbales	3	0,9300	A	
Timjouhart	3	0,9000	A	
Litima	3	0,9000	A	
Hamraia	3	0,9000	A	
Ghars	3	0,8000	A	
Tinicine	3	0,8000	A	

Tableau 30 : Analyse de variance de la longueur de dattes étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Bent Qbala	3	4,3600	A	
Timjouhart	3	4,3200	A	
Ghars	3	4,2600	A	
Tinicine	3	4,2000	A	
Houbales	3	3,8300	A B	
Tantbouchet	3	3,6300	B	
Litima	3	3,4000	B	
Hamraia	3	3,3300	B	

Tableau 31: Analyse de variance de la longueur des noyaux de dattes étudiées

	N	Mean	Grouping	$P= 0.003$
Bent Qbala	3	2,7500	A	
Tinicine	3	2,4000	A B	
Ghars	3	2,3500	A B	
Litima	3	2,3300	A B	
Hamraia	3	2,2300	A B	
Houbales	3	2,1700	B	
Tantbouchet	3	2,0000	B	
Timjouhart	3	1,9300	B	

Annexes

Tableau 32 : Analyse de variance de diamètre de dattes étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Tantbouchet	3	2,7300	A	
Bent Qbala	3	2,2600	B	
Litima	3	2,2300	B C	
Timjouhart	3	2,1700	B C	
Tinicine	3	2,0000	B C	
Hamraia	3	1,9000	B C	
Ghars	3	1,9000	B C	
Houbales	3	1,8300	C	

Tableau 33 : Analyse de variance du poids de la pulpe de dattes étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Tantbouchet	3	14,960	A	
Bent Qbala	3	12,450	A	
Litima	3	8,340	B	
Tinicine	3	7,370	B	
Timjouhart	3	7,370	B	
Hamraia	3	6,750	B	
Houbales	3	6,130	B	
Ghars	3	5,750	B	

Tableau 34 : Analyse de variance du poids de la datte et du noyau de variétés étudiées

Paramètres	P
Poids de la datte	< 0.001
Poids du noyau	< 0.001

Tableau 35 : Analyse de variance de la teneur en eau des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Litima	3	38,660	A	
Tinicine	3	31,330	B	
Bent Qbala	3	29,330	B	
Timjouhart	3	21,330	C	
Hamraia	3	21,330	C	
Houbales	3	20,330	C	
Tantbouchet	3	18,660	C	
Ghars	3	17,660	C	

Annexes

Tableau 36 : Analyse de variance de la teneur en sucres réducteurs des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Litima	3	39,540	A	
Hamraia	3	39,490	A	
Tantbouchet	3	37,820	A B	
Timjouhart	3	37,360	A B	
Houbales	3	34,300	B C	
Bent Qbala	3	32,050	C D	
Ghars	3	31,870	C D	
Tinicine	3	28,770	D	

Tableau 37 : Analyse de variance de la teneur en sucres totaux des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Ghars	3	76,290	A	
Houbales	3	75,050	A B	
Timjouhart	3	73,640	B C	
Tantbouchet	3	72,340	C	
Tinicine	3	68,870	D	
Hamraia	3	66,220	E	
Bent Qbala	3	62,340	F	
Litima	3	59,680	G	

Tableau 38 : Analyse de variance de Brix des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Ghars	3	74,330	A	
Houbales	3	73,160	A B	
Timjouhart	3	71,830	B C	
Tantbouchet	3	70,660	C	
Tinicine	3	67,330	D	
Hamraia	3	64,830	E	
Bent Qbala	3	61,170	F	
Litima	3	58,660	G	

Tableau 39 : Analyse de variance de la teneur en cendres des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Litima	3	3,1500	A	
Tantbouchet	3	2,5000	B	
Tinicine	3	2,2600	B	
Bent Qbala	3	2,2000	B C	
Hamraia	3	2,1000	B C	
Ghars	3	2,0700	B C	
Timjouhart	3	1,7700	C D	
Houbales	3	1,6300	D	

Annexes

Tableau 40 : Analyse de variance de la teneur en lipides totaux des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P = 0.002$
Tantbouchet	3	0,10000	A	
Ghars	3	0,07500	A B	
Tinicine	3	0,06850	A B C	
Hamraia	3	0,06150	A B C	
Bent Qbala	3	0,05600	A B C	
Timjouhart	3	0,04800	A B C	
Houbales	3	0,02350	B C	
Litima	3	0,01200	C	

Tableau 41 : Analyse de variance de pH des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Bent Qbala	3	7,17000	A	
Timjouhart	3	6,95000	B	
Houbales	3	6,94000	B	
Litima	3	6,87000	B C	
Hamraia	3	6,86000	B C	
Tantbouchet	3	6,76000	C D	
Tinicine	3	6,65000	D E	
Ghars	3	6,57000	E	

Tableau 42 : Analyse de variance de l'acidité titrable des variétés étudiées

	N	Mean	Grouping	$P < 0.001$
Tantbouchet	3	0,24000	A	
Houbales	3	0,24000	A	
Ghars	3	0,24000	A	
Timjouhart	3	0,20000	A B	
Tinicine	3	0,19000	A B	
Hamraia	3	0,19000	A B	
Bent Qbala	3	0,18000	B	
Litima	3	0,16000	B	

RÉSUMÉ

Résumé

L'objectif de cette étude est la caractérisation morphologique, physico-chimique, organoleptique et aromatique des huit variétés de datte algérienne de faible valeur marchande en vue de leur valorisation: Bent Qbala, Hamraia, Houbales, Litima, Tantbouchet, Ghars, Timjouhart et Tinicine. Des analyses morphologiques, organoleptiques, physico-chimiques et aromatiques ont été réalisées en utilisant notamment la microextraction en phase solide (SPME) et la chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectroscopie de masse (GCMS). La caractérisation morphologique de variétés étudiées, révèle leur acceptable qualité avec un poids qui s'étend de 6,63 à 15,98 g, une longueur de 3,33 à 4,36 cm, un diamètre de 1,83 à 2,73 cm et un rapport du poids (pulpe/fruit) compris entre 85,97 et 93,61%. En outre, la caractérisation organoleptique montre que ces dattes ont un goût parfumé. Par ailleurs, ces variétés montrent une excellente qualité physico-chimique ; elles ont un taux de sucre totaux de 59,68% à 76,29%, un pH compris entre 6,57 et 7,17, une acidité titrable varie entre 0,16 et 0,24%, une teneur en cendres de 1,77 à 3,15%, une teneur en lipides totaux de 0,012 à 0,1% MF et une teneur en eau de 17,66 à 38,66%. D'autre part, l'analyse de fraction volatile des variétés étudiées a montré que la composition de leurs arômes est constituée de 61 composés volatils qui peuvent être catégorisés en huit classes selon leurs groupements fonctionnels : 14 alcools, 15 esters, 12 aldéhydes, 3 terpénoïdes, 4 cétones, 8 hydrocarbures saturés, 3 hydrocarbures insaturés et 2 éthers. Parmi ces composés, 48 nouveaux composés peuvent distinguer la datte algérienne des autres dattes étudiées.

Mots clés : composition, caractéristiques, physico-chimiques, organoleptiques, dattes, arômes.

Abstract

The objective of this study is to characterize morphological, physicochemical, organoleptic and aromatic properties of eight Algerian date varieties which have low market value, for their valorization: Bent Qbala, Hamraia, Houbales, Litima, Tantbouchet, Ghars, Timjouhart and Tinicine. For this purpose, several morphological, organoleptic, physicochemical and aromatic analysis have been carried out using solid phase microextraction (SPME) and gas chromatography combined with mass spectrometry (GCMS). Morphological characterization of these varieties reveals their acceptable quality; they have a weight ranging from 6.63 to 15.98 g, a length of 3.33 to 4.36 cm, a diameter of 1.83 to 2.73 cm and a weight ratio (pulp / fruit) between 85.97 and 93.61%. In addition, the organoleptic characterization shows that these dates have a flavoured taste. Moreover, these varieties show excellent physicochemical quality; they have a total sugar content 59.68 - 76.29%, a pH between 6.57 - 7.17, a acidity 0.16 - 0.24%, an ash content 1,77 - 3.15%, a total lipid content 0.012 - 0.1% MF and a water content of 17.66 to 38.66%. On the other hand, the analysis of volatile fraction of the studied varieties showed their aroma composition, 61 volatile compounds were identified which can be categorized into eight classes according to their functional groups: 14 alcohols, 15 esters, 12 aldehydes, 3 terpenoids, 4 ketones, 8 saturated hydrocarbons, 3 unsaturated hydrocarbons and 2 ethers. 48 new compounds were identified which can distinguish the Algerian date from the other dates studied.

Key words : composition, characteristics, physicochemical, organoleptic, date, aroma.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى وصف الخصائص المورفولوجية و الفيزيوكيميائية و الحسية و العطرية لثمانية أصناف من التمور ذات القيمة السوقية المنخفضة لتثمينها و الرفع من قيمتها و هي: بنت قبالة و حمراية و حبالس و لتيمة و طنطبوشت و الغرس و تمجوهرت و تينيسين .و للقيام بذلك، أجريت عدة تحاليل فيزيائية و حسية و فيزيوكيميائية و أخيرا عطرية باستخدام تقنية الاستخلاص بمادة صلبة (SPME) و التحليل و تحديد المركبات الكيميائية باستخدام تقنية (GCMS) . كشفت هذه الدراسة عن النوعية الجيدة لهذه الأصناف حيث أظهرت وزنا تراوح بين 6.63 و 15.98 غ، و طولا بين 3.33 و 4.36 سم و قطرا بين 1.83 و 2.73 سم ونسبة وزن (اللب / التمرة) بين 85.97 و 93.61%. كما أظهرت الأصناف المدروسة ذوقا عطريا مميزا. وبالإضافة إلى ذلك، أظهرت هذه التمور نوعية فيزيوكيميائية ممتازة حيث تميزت بنسبة سكر كلي تراوحت بين 59.68 و 76.29% و pH بين 6.57 و 7.17، و نسبة الحموضة بين 0.16 و 0.24%، و نسبة رماد بين 1.77 و 3.15% و نسبة دهون كلية بين 0.012 و 0.1% مج ومحتوى ماء بين 17.66 و 38.66%. ومن ناحية أخرى، أظهر تحليل المواد العطرية لهذه الأصناف من التمور على وجود 61 مركبا عطريا والتي يمكن تصنيفها إلى ثماني فئات وفقا لوظائفهم الكيميائية: 14مركبا كحوليا و 15استر ، 12 أدهيد، 3 تيربينويد، 4 كيتون، 8 هيدروكربونات مشبعة، 3 هيدروكربونات غير مشبعة و 2 إيثر، من بينها 48 مركبا عطريا جديدا يمكن أن يميز التمر الجزائري عن التمور الأخرى التي تمت دراستها.

الكلمات الدالة: تركيب، خصائص ، فيزيوكيميائية ، حسية ، تمر، عطر.