

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdes

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Technologie Alimentaire

Filière : Génie des Procédés

Option : Qualité et conservation des aliments

THEME

Caractérisation de deux types de pollen de trappe« mono et multi floral » de la région de Tizi ousou et essai de formulation d'un yaourt diététique à base de pollen.

Présenté par : **JABRANI RAJA**
OULMENE YAMINA

Soutenu le : **Juin 2016**

Devant le jury:

Mme Yelles Fouzia

MAA

Présidente

Mme Annou Saada

MAA

Examinatrice

Mme Larid Rosa

MAA

Examinatrice

Mme Haderbache latifa

MAA

Promotrice

Promotion 2016

Remerciements

En premier, nous remercions Dieu le tout puissant de nous avoir donné santé, courage et patience pour terminer ce modeste travail.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice M^{lle} HADERBACHE.L. Pour ses judicieux conseils et surtout pour avoir proposé ce sujet et de l'avoir pris en charge.

Nous remercions également Mr BENAÏMOUM.A, chef du département de technologie alimentaire et tous les enseignants du département pour tout le savoir qu'il nous ont donné durant notre cursus universitaire.

Nous remercions les membres du jury d'avoir accepté de critiquer et d'améliorer ce travail.

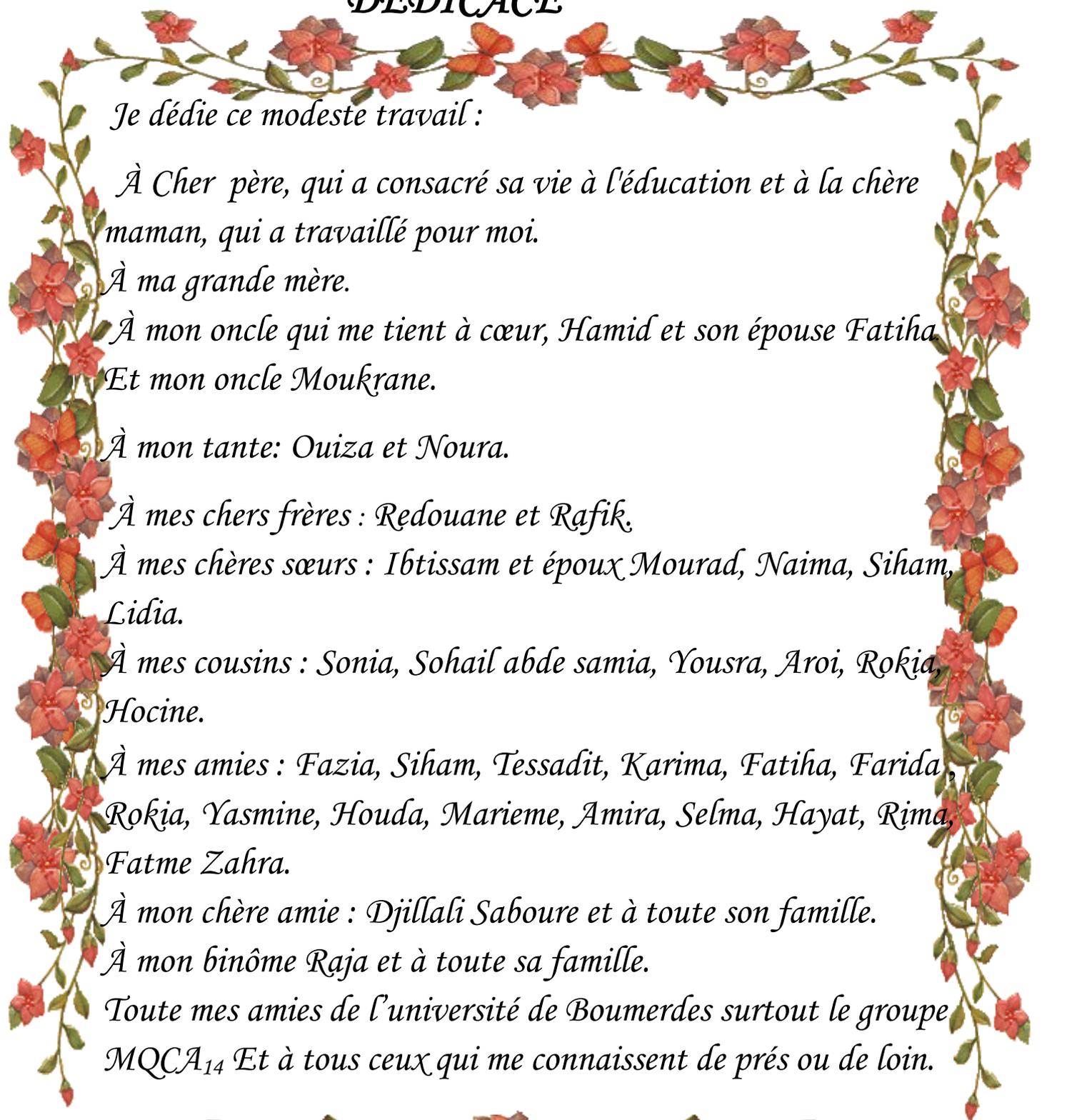
On souhaite remercier Mr ISHAK BOUSHAKI.A chef d'atelier de fromagerie pour toute l'aide qu'il nous a apporté.

Un grand merci à M^{ed} Zanz Farida ingénieur de laboratoire pour ses Conseils, aide précieuse et ses gentillesse illimitées.

Enfin, notre reconnaissance va également à tous les laborantins des laboratoires de département de technologie alimentaires de la FSI-UMBB.



DEDICACE



Je dédie ce modeste travail :

*À Cher père, qui a consacré sa vie à l'éducation et à la chère
maman, qui a travaillé pour moi.*

À ma grande mère.

*À mon oncle qui me tient à cœur, Hamid et son épouse Fatiha,
Et mon oncle Moukrane.*

À mon tante: Ouiza et Noura.

À mes chers frères : Redouane et Rafik.

*À mes chères sœurs : Ibtissam et époux Mourad, Naima, Siham,
Lidia.*

*À mes cousins : Sonia, Sohail abde samia, Yousra, Aroi, Rokia,
Hocine.*

*À mes amies : Fazia, Siham, Tessadit, Karima, Fatiha, Farida,
Rokia, Yasmine, Houda, Marieme, Amira, Selma, Hayat, Rima,
Fatme Zahra.*

À mon chère amie : Djillali Saboure et à toute son famille.

À mon binôme Raja et à toute sa famille.

*Toute mes amies de l'université de Boumerdes surtout le groupe
MQCA₁₄ Et à tous ceux qui me connaissent de près ou de loin.*



Yamina Oulmene



Dédicace

Avec un énorme plaisir, un cœur ouvert et une immense joie, que je dédie mon travail à mes très chère, respectueuse et magnifique parents qui m'ont soutenus tout au long de ma vie ainsi à mes sœurs et mon chère frère, sans oublier ma grande mère, mes tantes, mes oncleset, et en particulier mon binôme Fatima et mes amis de la vie :

*Amel, Hour el houda, Amira, Meriem, Fatma, Hayat, Aicha,
Selma Siham, Rima, Houda, Habiba,...*

A toute personnes qui m'ont encouragé ou aidé au long de mes études

RAJA

Résumé

Le pollen est le plus précieux produit de la ruche car il constitue l'aliment principal de l'abeille, étant un aliment presque complet il a été exploité par l'homme, ces poudres sont utilisées dans le secteur de l'alimentation et de la diététique. Cette étude porte sur la caractérisation de deux types de pollen mono et multi floral de la région de Tizi Ouzou, plusieurs analyses ont été réalisées, y compris des analyses physico-chimiques, morphologiques, granulométriques et organoleptiques des formulations de yaourt à base de ces produits.

il existe une grande disparité entre les deux types de pollen dans les caractéristiques physiques et morphologiques, mais ils montrent de grandes similarités dans la compositions biochimiques avec une humidité de 14,1 et 10,51, un taux de lipides de 2,39 et 2,49% , un taux de sucres de 56,17 et 65,9 et un pourcentage de protéines de 19,25 et 19,68 pour le multi floral et le mono floral respectivement.

Les essais d'incorporation du pollen sous forme d'émulsion dans des formulations type yaourt nature étuvé ont donnés de bon résultats, le problème de sédimentation ayant été réglé en partie par cette technique.

Summary

Pollen is the most valuable hive product because it is the main food of the bee, being an almost complete food has been exploited by man, these powders are used in food sector and dietetic. This study deals with the characterization of two types of pollen mono and multi floral region of Tizi Ouzou, several analyzes were conducted, including physical and chemical analysis, morphology, particle size and organoleptic, yogurt formulations based on these products.

there is a great disparity between pollen types in physical and morphological characteristics, but they show great similarities in biochemical compositions with water content of 14.1 and 10.51%, lipid of 2.39 and 2.49%, sugar level of 56.17 and 65.9% and protein 19.25 and 19.68 percentage for the multi floral and mono floral respectively.

The incorporation of pollen in the form of an emulsion in yogurt formulations has given good result; the sedimentation problem has been partially solved by this technique.

ملخص

حبوب اللقاح هو المنتج الأكثر قيمة في الخلية الغذاء الرئيسي للنحل, كونه غذاء كاملا تم استغلاله من قبل الانسان وتستخدم هذه المساحيق في قطاع الأغذية وعلم التغذية تتناول هذه الدراسة توظيف نوعين من حبوب اللقاح أحادي ومتعدد الزهور من منطقة تيزي وزو وقد أجريت لها عدة تحاليل بما في ذلك التحليل الفيزيوكيميائي, المورفولوجي وحجم الجسيمات وتركيبات البنية الحسية القائمة على هذه المنتجات هناك تفاوت كبير بين هذين النوعين من حبوب اللقاح في الخصائص الحسية والشكلية ولكنها تبين تشابه كبير في الرطوبة (14.1-10.51) و محتوى الدهون من(2.39-2.49) وهو مستوى السكر(56.17-65.9) ونسبة من البروتين على التوالي(19.25-19.68) اختبارات إدراج لإضافة اللقاح في الياغورت الطبيعي على شكل مستحلب. انتهت هذه التجربة بنتائج إيجابية, حيث تم حل مشكل الترسيب جزئيا

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I- Généralité dur le pollen	
I-1-Définition du pollen	2
I-2-la morphologie des grains des pollens.....	2
I-2-1- Taille et aspect.....	3
I-2-2-Identification des pollens	4
I-3- Valeur nutritionnelle et composition du pollen en pelote	5
I-3-1- la valeur nutritionnelle	5
I-5- la récolte et la conservation du pollen.....	11
I-5-1- la récolte du pollen	11
I-5-2- la conservation du pollen frais	13
I-6- propriété et valeur thérapeutique du pollen.....	14
I-6-1- les propriétés thérapeutiques du pollen	14
I-6-2- Valeur thérapeutique	15
I-7- caractéristiques microbiologiques du pollen.....	17
I-7-1- Les principales altérations d'origine biologique et microbiologique	17
I-8- l'utilisation alimentaire du pollen.....	17
I-9-Phénomène de sédimentation.....	19
I-9-1- Définition de la sédimentation	19
I-9-2- Théorie de la sédimentation	19
I-9-3- Problème de la sédimentation du pollen	19
Chapitre II- Généralité sur le Yaourt	
II-1-Types de yaourt.....	20
II-1-1 selon le taux de matière grasse.....	20
II-1-2- Selon la technologie de fabrication	21
II-2-Fabrication du yaourt	21
II-2-1-Définition, historique et réglementation du yaourt.....	21
II-2-2- Matière première et ingrédients	22
II-2-3-Caractéristique d'un yaourt nature.....	23
II-3-La fermentation lactique	24
II-4- Le rôle des ferments lactiques dans la fermentation du lait.....	24
II-4-1-Acidification	24
II-5- Conservation	25
II-6-La valeur nutritionnelle du yaourt.....	25
II-7-La valeur thérapeutique du yaourt	27

Chapitre III- Matériel et méthodes

III-Modes opératoires.....	28
III-1- Analyse morphologique des pelotes de pollen	28
III-1-1-Echantillonnage.....	28
III-2-Méthodes d'analyses polliniques.....	29
III-2-1-Préparation du pollen pour l'observation microscopique.....	29
III-2-2- Observation sous microscope.....	30
III-3-Préparation de poudre de pollen pour l'analyse granulométrique.....	31
III-3-1- Dégraissage.....	31
III-3-2- Lavage	32
III-3-3-Répartition granulométrique des poudres de pollen	32
III-4- Méthodes d'analyses physico-chimiques	32
III-4-1- Détermination de la teneur en eau	32
III-4-2- Détermination de l'acidité titrable.....	33
III-4-3- Détermination de la teneur en cendres	34
III-4-4-Détermination de la teneur en protéines brutes (azote total).....	34
III-4-5-Détermination de la teneur en lipides	36
III-4-6-Détermination de la teneur en glucides	37
III-5- Formulation d'un yaourt diététique avec du pollen.....	38
III-5-1-Préparation du levain lactique	39
III-5-2- Incorporation du pollen	39
III-5-3-Le teste organoleptique (Test de Friedman).....	40
III-5-4-Analyse statistique.....	41

Chapitre IV- Résultats et discussion

IV- Résultats et discussion	42
IV-1-Les résultats de l'analyse morphologique du pollen	42
IV-2-Les résultats d'analyses polliniques	44
I-3- Paramètre physiques et données granulométriques.....	45
IV-4- Résultats des analyses physico-chimiques	46
IV-5- Test organoleptique des formulations yaourt/pollen (test de Friedman).....	48
IV-5-1-Défauts visuels après la fermentation.....	48
IV-5-2- Test de dégustation des Formulations yaourt /pollen.....	48
Conclusion	55
Références bibliographiques	57
Annexes	

Liste des tableaux

Tableau 1: La quantité des acides aminés en % dans le pollen.....	8
Tableau 2: Les quantités des vitamines en mg dans le pollen.....	9
Tableau 3: La quantité des minéraux en%	9
Tableau 4: Composition des laits en poudres utilisés pour la reconstitution des laits ou pour la fortification des laits de vache.....	22
Tableau 5: La valeur nutritionnelle d'un verre de lait (150 ml).....	26
Tableau 6: Gamme étalon pour le dosage des sucres totaux.....	38
Tableau 7: Longueur et largeur des pelotes du pollen multi floral et mono floral par classe de couleur	42
Tableau 8: Poids et pourcentage des pelotes classées par couleur	43
Tableau 9: Profils polliniques des pollens étudiés.....	44
Tableau 10: Paramètres physiques et données granulométriques des pollens.....	45
Tableau 11: Résultats d'analyse physico-chimique du pollen	46
Tableau 12: Résultats visuel après la fermentation.....	48
Tableau 13: Paramètres statistiques pour le test de Friedman.....	49
Tableau 14: Résultats de la comparaison des formulations pour le critère couleur	49
Tableau 15 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère odeur	50
Tableau 16 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère texture.....	51
Tableau 17 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère sucrosité.....	52
Tableau 18 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère amertume	52
Tableau 19 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère acidité	53

Liste des figures

Figure 1: Le pollen dans le cycle d'une phanérogame	3
Figure 2: Schéma simplifiée de la structure d'un pollen.....	5
Figure 3: Schéma représente coupe d'un grain de pollen d'Arabinopsis.....	6
Figure 4: Les différents caractères de détermination des grains de pollen	5
Figure 5: Composition globale du pollen.....	6
Figure 6: Une pelote de pollen accrochée au pied de l'abeille	12
Figure 7: Trappe de pollen.....	13
Figure 8: Diagramme de fabrication du yaourt	23
Figure 9: Matrice de comptage des grains de pollen.....	30

Liste des abréviations

AFNOR : association française de normalisation

AOAC : association des communautés analytiques

AJR : Les apports journaliers recommandés sont des valeurs-repères utilisées en tant que référence pour l'étiquetage des produits alimentaires

C : concentration

C_n : cendre

DO : densité optique

HDO : haute densité optique

MG : matière grasse

UV-VIS : ultraviolet visible

Introduction

Le miel n'est pas l'unique produit de la ruche ; les abeilles produisent également de la cire, de la propolis, de la gelée royale et du pollen.

Le pollen est le produit le plus riche en nutriments et en substances actives. Il est très énergétique en raison de sa forte teneur en hydrates de carbone et en protéines. Il contient tous les acides aminés essentiels que l'organisme ne peut pas synthétiser ; il compense, donc, parfaitement les insuffisances que nous impose notre alimentation moderne. Comme il présente une excellente source d'anti-oxydants tels que les polyphénols, flavonoïdes et caroténoïdes.

Cependant, la consommation du pollen en Algérie reste très limitée, malgré ses effets bienfaits remarquables sur l'organisme ; ainsi que sa valorisation comme produit alimentaire et thérapeutique n'est pas encore mise en places, et ce malgré la diversité et la richesse de la flore caractérisant notre pays et les potentialités de production du pollen de trappe.

Dans le cadre de l'exploitation de la valeur alimentaire et thérapeutique de ce produit, on se propose de fabriquer un yaourt (étuvé) supplémenté de pollen ; d'une part, pour augmenter la digestibilité du pollen par la procédure de fermentation lactique et d'autre part, pour enrichir le yaourt, cet aliment de grande consommation, en éléments nutritifs et en facteur anti-oxydants apportés par le pollen.

Notons aussi, que le yaourt a aussi une très bonne valeur nutritionnelle. Ajouté à celle du pollen. Le produit finis serait d'une excellente valeur alimentaire et thérapeutique.

Notre travail contient quatre chapitres répartis en deux grandes parties :

- ✓ Synthèse bibliographique.
- ✓ Partie expérimentale.

Le premier chapitre est une synthèse bibliographique présentant le pollen, ses propriétés, sa récolte, sa valeur nutritionnelle et thérapeutique.

Le deuxième chapitre, présente le yaourt, ses propriétés et sa méthode de fabrication.

Le troisième chapitre présente la démarche expérimentale, les méthodes d'incorporation et d'élaboration de yaourt.

Le quatrième chapitre présente les résultats et la discussion.

Chapitre I-Généralités sur le pollen

I-1-Définition du pollen

Le pollen provient de l'élément fécondant mâle des fleurs produit par les étamines(1) On l'appelle le « sperme végétal »(2). C'est un gamétophyte, donc un producteur de gamètes, contenu dans l'anthere de la plantes à l'extrémité des étamines (3).

Ce sont des grains microscopiques que l'abeille va récolter en se frottant sur les fleurs (4), leurs formes est différentes suivant les espèces végétales.

Les pollens se différencient par leur taille, allant de 7µm pour le myosotis à plus de 100µm pour les malvacées, par leur forme puisqu'un pollen peut être composé d'un grain isolé ou de grains multiples et par leur ornementation. De plus ces grains peuvent être inaperturés, porés, colpés ou colporés(3).

Les pollens sont formés de deux noyaux et de cytoplasme entouré par une couche interne fine appelée intine et une paroi plus rigide et/ou plus épaisse appelé exine(3).

Le pollen contient une forte proportion de protéines (de 16 à 40 %) contenant tous les acides aminés connus. Le pollen est généralement transporté par un vecteur comme le vent ou les insectes(3). Les animaux permettent un certain ciblage alors que le vent n'a aucune spécificité. Les plantes dont le pollen est disséminé par le vent vont donc en produire de plus grandes quantités (3).

Le pollen est le principal aliment des larves et des abeilles. Elle transforme le pollen en pelotes auxquelles elle mélange des enzymes qui vont permettre de dissoudre la solide enveloppe qui enferme les éléments nutritifs à l'intérieur de chaque minuscule grain de pollen(2). Il est ensuite stocké dans des cellules bouchées hermétiquement par de la propolis pour garantir une fermentation anaérobie(2).

Le pollen se présente sous forme de «pelotes». Une pelote pèse de 20 à 25mg ; elle contient 3 ou 4 millions de grains de pollen, représentant l'exploration de centaines de fleurs. La même fleur est d'ailleurs prospectée plusieurs fois, et, selon l'heure où elle l'est, la composition du pollen est différente, comme elle est différente, par ailleurs, selon la variété butinée. Cette diversité en nutriments fait du pollen un complément alimentaire tonifiant et revitalisant de tout premier ordre(5).

I-2- Morphologie des grains des pollens

Les grains de pollen produits par les anthères, sont de minuscules grains de forme plus ou moins ovoïde (le diamètre est à l'échelle micrométrique), initialement contenus dans

Chapitre I-Généralités sur le pollen

l'anthère à l'extrémité des étamines(6). Les grains se déposent sur le stigmate pour venir féconder les ovules au sein de l'ovaire(7). La Figure 1 montre cela.

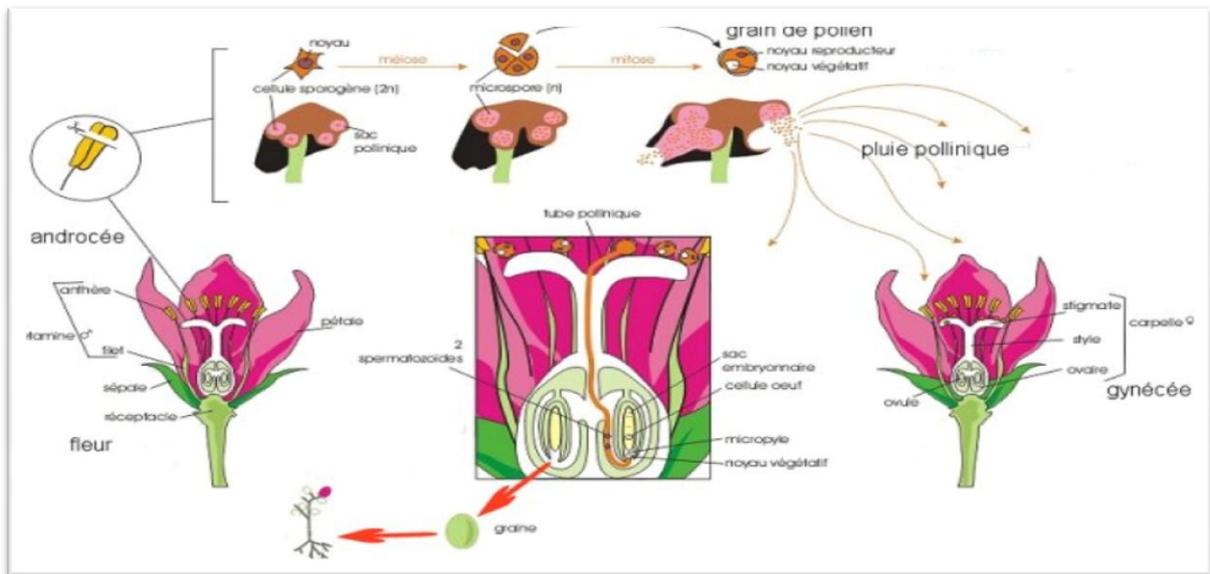


Figure 1: Le pollen dans le cycle d'une phanérogame(6)

I-2-1- Taille et aspect

Chez les plantes à fleurs (ou phanérogames), le grain de pollen présente deux enveloppes(6). La première est l'exine qui est une membrane externe du grain de pollen constituée par une protéine, la sporopollénine, très résistante à l'altération, qui assure la conservation des grains dans presque toutes les conditions de fossilisation, seule l'oxydation peut la détruire, elle est subdivisée en deux sous couches: l'endexine (couche la plus interne) et l'ectexine (couche la plus externe)(8). Lorsque des grains de pollen sont piégés dans les sédiments ou dans un milieu réducteur comme les tourbières, seule cette enveloppe n'est pas dégradée et se conserve très longtemps. C'est donc cette caractéristique qui est à la base de la détermination des pollens (6). La deuxième est l'intine, membrane interne du grain de pollen constituée de cellulose, elle est détruite lors de la fossilisation ou du traitement d'extraction des grains de pollen des étamines ou du sédiment(9).

Bien souvent il faut une étude fine en microscopie pour arriver à la détermination des grains de pollen, mais une classification approximative peut être utilisée(6). Elle est basée sur :

- La taille : les plus petits sont ceux du myosotis (7µm) et les plus gros, ceux de la courge 150µm(6).
- La présence de pores ou de sillons en surface (6).

Chapitre I-Généralités sur le pollen

- L'ornementation de l'exine (6).

- La forme : La forme est un élément important pour déterminer les grains de pollen (9). Les grains peuvent être sphériques ou allongés (9): Lorsqu'ils sont allongés selon son axe polaire, ils sont dits longiaxes (9). Et lorsqu'ils sont aplatis selon cet axe polaire, ils sont dits bréviaxes (9).

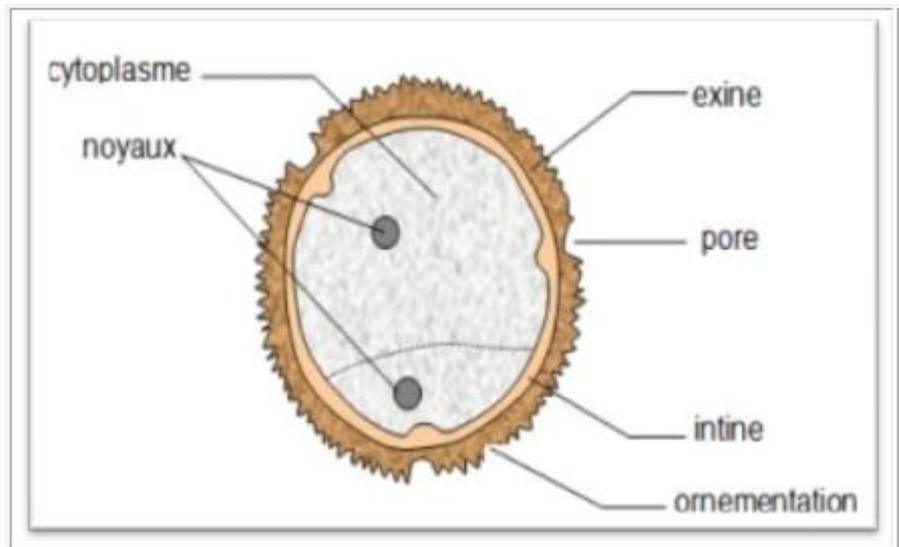


Figure 2: Schéma simplifiée de la structure d'un pollen (3)

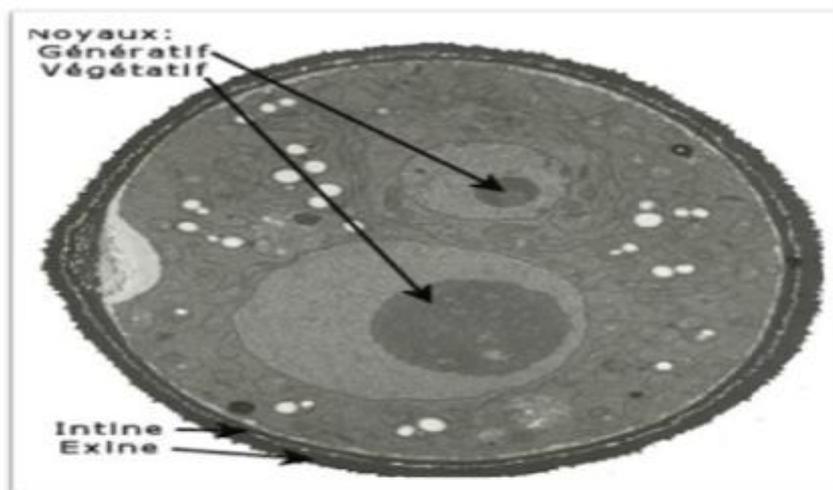


Figure 3: Schéma représente coupe d'un grain de pollen d'Arabinopsis (9)

I-2-2-Identification des pollens

Les caractéristiques morphologiques du grain de pollen (type, taille, forme), la complexité structurale de l'exine ainsi que ses éléments d'ornementation (élément en relief ou

Chapitre I-Généralités sur le pollen

en creux de l'ectexine), et la présence ou non d'apertures (zone d'amincissement de l'exine, nombre et forme) permettent d'identifier le pollen et par extension la plante émettrice(9).

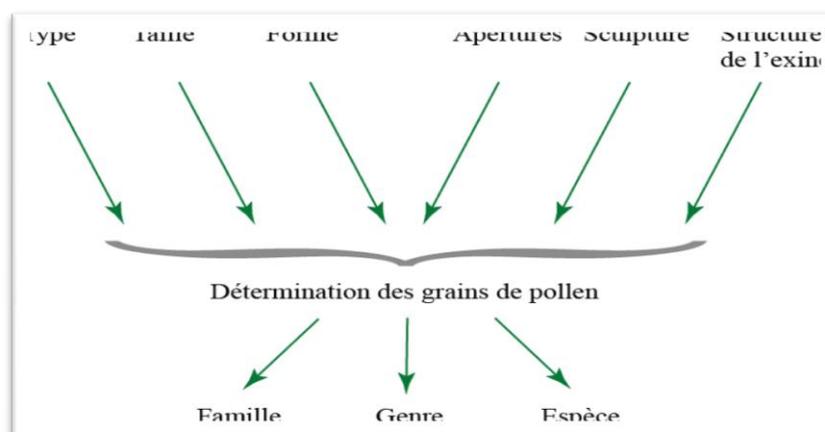


Figure 2: Les différents caractères de détermination des grains de pollen (9)

Dans certains groupes botaniques, la morphologie des grains de pollen est identique. La détermination ne peut être alors faite qu'au niveau de la famille (Figure 2). Pour beaucoup de grains de pollen, la détermination peut être plus précise jusqu'au genre voire jusqu'à l'espèce(9).

I-3- Valeur nutritionnelle et composition du pollen en pelote

I-3-1- Valeur nutritionnelle

L'alimentation des abeilles repose principalement sur le pollen pour des composés tels que les protéines, l'azote, les acides aminés (sous formes libre ou protéique), l'amidon, les lipides (e.g. stérols), les vitamines et les minéraux (10). Parmi ces nutriments, le contenu protéique du pollen varie entre 2,5 à 61% de masse sèche (10). De même, la composition en acides aminés fluctue de 3,5 à 24,9% (11). A l'instar de ces classes de composés, les phytostérols (i.e. stérols retrouvés majoritairement chez les plantes) et leurs proportions relatives varient également selon la ressource (12). Ainsi, tous les pollens ne se valent pas d'un point de vue nutritionnel mais leur contenu varie grandement en fonction des espèces végétales (10).

Le pollen contient des vitamines et des minéraux en plus de traces d'éléments (Figure 3), d'enzymes et des acides aminés. La composition exacte du pollen varie cependant suivant le type de plante sur laquelle il a été récolté. Il est difficile de retrouver la source de tous les

pollens d'abeille, ce qui augmente par conséquent aussi la difficulté à déterminer les éléments sains contenus dans ce pollen(13).

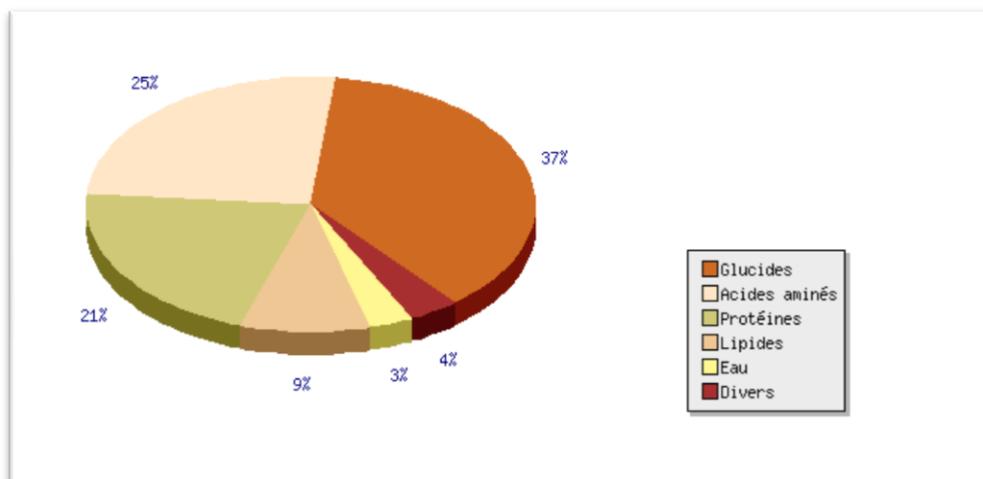


Figure 3: Composition globale du pollen(14)

a) L'eau :

La teneur en eau du pollen de trappe varie entre 10% et 40%, ainsi que la teneur en eau sur la fleur est égale 10% en moyenne et 4% sur le pollen séché (15).

b) Les protéines

Les protéines (condensations d'acides aminés) sont des constituants essentiels des tissus vivants et jouent un rôle majeur dans les mécanismes vitaux (enzymes, hormones ...) (5).Cependant, la quantité de protéines nécessaire pour élever une larve d'abeille ou de bourdon n'est pas encore connue de manière précise. Les protéines sont aussi nécessaires pour la survie des ouvrières elles-mêmes(16).

De Groot (1953) a étudié les besoins en protéines et en acides aminés chez l'abeille à miel. Il a montré qu'elles ont besoin de 10 acides aminés essentiels, à une concentration allant de 1% à 4,5 % des protéines digérées. Etant donné que l'abeille ne peut les synthétiser, elle doit les prélever dans sa nourriture. La concentration relative en acides aminés essentiels apparaît comme relativement stable et indépendante de l'origine florale du pollen (16).

La concentration en protéines est cependant bien conservée au sein d'une même famille de plante, à l'exception des Fabaceae riches en espèces, Il semble y avoir une corrélation positive entre le contenu en acides aminés essentiels et le contenu en protéines totales du pollen. Le contenu en protéines, utilisé comme critère de qualité du pollen, pourrait avoir un impact important sur le butinage et éventuellement expliquer les préférences de l'abeille pour certains types de pollen (16).

c) Les glucides

Les glucides, essentiellement du fructose et du saccharose, sont présents en quantités variables et proviennent principalement du nectar que les abeilles utilisent pour rassembler les grains de pollen en pelotes (17).

Lorsque les abeilles collectent le pollen, elles le mélangent avec un peu de nectar avant de le mettre dans leur corbeille à pollen. L'ultra-structure du grain influence la collecte de pollen par l'abeille. En effet, de par la morphologie de ces grains, l'abeille doit y ajouter plus ou moins de sécrétions pour les agglomérer en pelotes, Ces éléments influents sur la composition en sucres du pollen des pelotes d'abeille (16).

Il a été montré que la composition en sucre du pollen varie selon : l'origine végétale du pollen, la méthode de collecte et la méthode de stockage (16).

Au total, 14 sucres différents ont été identifiés dans le pollen dont le fructose, le glucose et le saccharose qui sont les plus importants en termes de quantité. Des valeurs de 46 % pour le fructose, de 37 % pour le glucose et de 8% pour le saccharose ont été observées sur différents pollens par Szczesna (2007). Les autres sucres comme l'arabinose, le ribose, le tréhalose, l'isomaltose, le turanose, le coibiose, le gentiobiose, le melibiose et le melezitose ont des valeurs relatives proches de 1 %. Le pollen contient aussi de l'amidon en quantité variable, de 12,4 % à 26 % par rapport au totale des glucides(16). La présence d'amidon est très peu considérée dans les discussions abordant la composition des sucres dans les pelotes de pollen (17).

d) Les acides aminés

Les acides aminés sont indispensables au développement, à l'entretien et au renouvellement des tissus biologiques. La plupart des pollens contiennent les aminoacides les plus communs. Parmi eux la proline est souvent le plus abondant. Les dix acides aminés essentiels pour l'abeille sont: arginine, histidine, isoleucine, leucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane et valine ... La teneur en protéines du pollen peut varier entre quelques pourcents et près des deux tiers du poids sec du grain, suivant la provenance végétale(5).

Le pollen contient également des acides aminés (**Tableau 1**), exprimé en % du poids sec total, le tableau suivant nous donne les intervalles pour chacun (14)

Chapitre I-Généralités sur le pollen

Tableau 1: La quantité des acides aminés en % dans le pollen (18)

Acide aminé	Quantité en %
Arginine	4,4- 5,7
Isoleucine	4,5- 5,8
Lysine	5,9- 7,0
Phénylalanine	3,7 à 4,4
Tryptophane	1,2- 1,6
Histidine	2,0- 3,5
Leucine	6,7- 7,5
Méthionine	1,7- 2,4
Thréonine	2,3- 4,0
Valine	5,5- 6,0

e) Les lipides

Les lipides représentent entre 1 et 20% du poids sec du pollen (14), On les trouve dans le manteau pollinique et le cytoplasme de la cellule végétative(5). Les corps gras d'origines végétale ou animale sont des triesters du glycérol et d'acides acycliques à longues chaînes linéaires [acides gras]. Les acides gras, les plus simples des lipides, sont importants pour la reproduction, le développement et la nutrition des abeilles(5). Les acides gras prédominants dans la plupart des pollens récoltés par l'insecte sont, dans l'ordre décroissant: l'acide D-linolénique [D-3]. L'acide palmitique [acide gras saturé] et l'acide linoléique [D-6] (5). Les pollens ayant des taux lipidiques élevés, notamment en acides gras linoléique, linoléique, myristique et dodécanoïque interviendraient dans l'inhibition de microbes pathogènes comme ceux des loques(5).

Les lipides du pollen ont été étudiés. L'extrait étheré total peut varier de 0.9 à 14% du poids. L'insaponifiable contient des stérols, en particulier le 24-méthylène cholestérol isolé par BARBIER et HCGEL (1960) des pollens en pelotes. Il contient aussi des hydrocarbures saturé et des alcools supérieurs(16).

f) Les vitamines

On y retrouve de nombreuses vitamines(14), le tableau donne les limites en mg.

Chapitre I-Généralités sur le pollen

Tableau 2: Les quantités des vitamines en mg dans le pollen (18)

Les vitamines	La quantité en mg par 100g de pollen
A	Présence
B1	7,75 à 10,80
B2	16,30 à 19,20
B5	3,00 à 51,00
B6	0 à 9,00
B8	0,10 à 0,25
B9	3,40 à 6,80
B12	Présence
C	152 à 640
D	0,20 à 0,60
E	0,10 à 0,32

La teneur en vitamines dépend de l'origine florale du pollen (**Tableau 2**) (**14**). Par exemple, La teneur en vitamine A est de 1,0% dans le pollen de pommier, 1,2% dans le pollen de l'angélique officinale et 1,3% dans le pollen du sarrasin des champs(**14**).

La teneur en vitamine B2 est de 1,5% dans le pollen du robinier, 1,6% dans le pollen du sarrasin des champs, 1,8% dans le pollen de pommier, 2,1% dans le pollen d'angélique officinale et 2,3% dans le pollen d'aegopode (**14**).

g) Les minéraux

Le pollen contient également des minéraux et des oligo-éléments (exprimé en % des cendres-Tableau 3) ils représentent des taux très variables (**14**).

Tableau 3: la quantité des minéraux en% (**18**)

Les minéraux	La quantité en %
Potassium	20,00 à 45,00
Magnésium	1 ,00 à 12,00
Calcium	1,00 à 15,00
Fer	0,01 à 0,30
Cuivre	0,05 à 0,08
Silicium	2,00 à 10,00
Phosphore	1,00 à 20,00
Soufre	1,00
Chlore	0,80
Manganèse	1,40

h) Les autres substances

Les éléments divers constituent seulement 3% du pollen(14). On retrouve dans les pollens en quantité substantielle un antioxydant très rare: le sélénium(18), et des enzymes, coenzymes, flavonoïdes, des substances bactériostatiques et de croissance, des pigments, des arômes et des huiles volatiles(18).

Le pollen est très riche en deux éléments ; le premier, le Nickel présent en quantité couvrant 117 % de l'AJR intérêt de cette teneur n'est pas immense pour l'homme puisqu'il n'y a pas de carence signalée pour cet élément, l'inox de nos casseroles y palliant (19), mais il est très important pour l'abeille. Le deuxième, le Sélénium (Se) avec 517 % de l'AJR dans une cuillère à soupe de 12,5 g de pollen. Mais en général ceci est assez variable, les pollens analysés contiennent entre 3 et 6 fois l'AJR dans cette même quantité de pollen (19).

Le Sélénium (Se) avec 517 % de l'AJR dans une cuillère à soupe de 12,5 g reçoit la palme d'or des teneurs. Les pollens analysés contiennent entre 3 fois et 6 fois l'AJR dans 12,5 g(19).

Le Sélénium, se révèle être très fortement dosé dans le pollen. Il est d'un intérêt majeur pour notre santé(2), il est impliqué dans la régulation du système immunitaire et dans la réponse inflammatoire(2). (Se) le manifeste à certaines doses une activité antitumorale qui lui confère des propriétés préventives du cancer. Il diminue le risque de maladies cardiovasculaires et participe à la modulation de l'agrégation plaquettaire (TOIVANEN 1987) (2).

Le rôle du Sélénium a été mis en évidence dans plusieurs pays et plus particulièrement en Chine où sa carence génère un gros problème de santé publique(2). Grâce au Ministère de la Santé, une partie de la population a reçu une supplémentation en Sélénium, les taux de cancer et autres problèmes de santé ont rapidement chuté pour rejoindre la norme du reste du pays. Une région des Etats-Unis a vécu la même expérience(2).

Une étude menée par L.C. Clark de 1983 à 1991 (USA) est une comparaison entre une supplémentation en Se et un placebo pour plusieurs localisations cancéreuses: poumon, côlon et prostate(2).

Le sélénium ne joue pas à lui seul un rôle préventif contre le cancer, les maladies cardiovasculaires et le vieillissement cellulaire. Le rôle des vitamines est aussi très important(2). SALONEN (1985) a montré qu'il existait une synergie entre le sélénium et la vitamine E. En effet, il observe que chez des sujets atteints d'un cancer, le risque relatif de

Chapitre I-Généralités sur le pollen

mortalité est de 11,4 chez les patients carencés en Se-vitamine E par rapport à ceux dont l'apport en Se-vitamine E est normal(2).

BLOT (1993) rapporte qu'une baisse de 13% du taux de mortalité de patients atteints de divers cancers, a été observée lorsque ceux-ci recevaient un mélange de carotène (15mg-provitamine A), de tocophérol (30 mg-vitamine E) et sélénium (50mg) (2).

Aussi compte-tenu de la teneur en Se dans le pollen, une étude relative à sa biodisponibilité mériterait d'être conduite afin, le cas échéant, de revendiquer une place majeure du pollen parmi les aliments riches en Se (2).

I-5- Récolte et la conservation du pollen

I-5-1- Récolte du pollen

Les abeilles ainsi que d'autres insectes butinent les fleurs et transportent les grains de pollen des fleurs visitées et les déposent ensuite lors de leur déplacement de fleur en fleur, favorisant la pollinisation des plantes sauvages et cultivées, grâce à la fécondation des organes femelles des végétaux, le pistil. Avoir une ruche dans un verger va considérablement augmenter la quantité de fruits récoltés. Le pollen provient de l'élément fécondant mâle des fleurs produit par les étamines, récolté par les abeilles. Il existe différents types de pollens selon le type de plantes d'où il est recueilli. Cette substance d'aspect pulvérulent se présente sous différentes couleurs. Les floraisons des différentes espèces s'étalent principalement de la fin de l'hiver au début de l'automne, permettant ainsi la récolte par les abeilles une grande partie de l'année(20).

Pour que le pollen se conserve parfaitement dans la ruche, les abeilles emplissent leur jabot de nectar riche en ferments lactiques associés à quelques levures. Au cours du butinage, ces abeilles régurgitent goutte après goutte ce nectar pour humidifier leurs pattes postérieures où se trouvent les corbeilles à pollen. Le pollen récolté s'agglomère alors en pelotes,ensemencées en bonnes bactéries par l'abeille. Le pollen rapporté à la ruche se présente en pelotes fixées aux pattes arrière des abeilles après récolte du pollen sur les fleurs. En fait, chaque pelote contient plusieurs millions de grains de pollen collés entre eux. Ce pollen est indispensable au développement de la compagnie car il nourrit les jeunes larves en leur apportant des matières protidiques et d'autres nutriments(20).

I-5-1-1- Récolte par les abeilles

Le pollen est la base de l'alimentation des larves d'abeilles. Les abeilles désignées pour la récolte du pollen vont sur les anthères des fleurs ; les secouant, elles se couvrent tout

Chapitre I-Généralités sur le pollen

le corps d'une poussière colorée (du blanc au noir selon l'espèce végétale) qui est le pollen **(21)**. L'abeille est « équipée » pour y procéder naturellement et le distribuer avec le miel, par la suite, à l'ensemble des œufs, larves et nymphes contenus dans la ruche. Et grâce à ce travail de butinage, en plus de nourrir la ruche, ce sont plus de 50% des espèces végétales qui sont fécondées **(21)**.

Pour recueillir cette fine poudre, l'abeille ouvrière utilise ses pattes postérieures (3ème paire) qui sont parfaitement adaptées pour ce travail : elles sont dotées de brosses, peignes, poussoirs, corbeilles... lui permettant de l'agglomérer sous forme de deux petites pelotes qu'elle ramène à la ruche **(21)**.

Ensuite, les brosses dont sont munies les pattes passent et repassent sur la tête, le thorax et l'abdomen, détachant les poussières polliniques qui s'y sont accrochées et les réunissent ensemble. Les abeilles les font passer successivement de la première paire de pattes à la seconde, les empilent en les humectant de salive constituée de nectar, sur les corbeilles de la 3ème paire de pattes et les y fixent à l'aide de petits coups **(Figure 4) (21)**.



Figure 4: Une pelote de pollen accrochée au pied de l'abeille**(21)**.

I-5-1-2- Récolte par l'homme

La récolte du pollen par l'homme se heurte à des difficultés aisément compréhensibles, impliquant un rendement assez faible. Pour bénéficier du travail des abeilles, l'homme a dû trouver un procédé pour prélever une petite partie de cette récolte, sans nuire à la vie de la ruche. C'est ainsi qu'un outil appelé « trappe à pollen » a été créé. Par ce système, l'apiculteur va pouvoir recueillir un peu de cette matière offerte par les abeilles. Toutefois, il ne va en prélever au maximum que 10% afin de ne pas porter préjudice à la ruche, puisque, comme cela a été mentionné plus haut, le pollen représente la source principale d'alimentation de ces hyménoptères **(21)**.



Figure 7: Trappe de pollen (21)

Chaque jour, des millions d'ouvrières récoltent du pollen et pour chaque ruche, cela représente 30 à 40 kg par ans, rien que pour sa propre consommation (essentiellement au printemps et à l'automne). Sur cette quantité, l'apiculteur va en prélever environ 3 kg par an et par ruche, soit 5 à 10 % au maximum (toujours dans le souci de respecter la vie de la colonie). Il va effectuer cette récolte tous les jours (au maximum tous les deux jours) car le pollen frais ne se conserve guère au-delà de cette période sans être altéré, puisque son taux d'humidité est élevé (21).

I-5-2- Conservation du pollen frais

Le pollen frais, appelé aussi pollen cru est cent fois plus concentré en ferments lactobacilles que le pollen séché et beaucoup plus riche en vitamines. La mise en congélation sous atmosphère contrôlée permet de stabiliser le pollen à l'état frais en lui conservant ses atouts nutritionnels et organoleptiques. Le pollen congelé à l'état frais dès la récolte conserve ses ferments vivants. Cette flore composée de micro-organismes vivants favorables à la santé est préservée par la congélation mais ne survit généralement pas au séchage. Le pollen frais est parfois proposé en barquettes au rayon surgelé (20).

Le pollen supporte la décongélation quelques heures et peut être ensuite recongelé sans risque car les pelotes ne renferment aucune flore bactérienne pathogène. De plus, le pollen est composé de cellules à très faible teneur en eau et donc supporte des congélations et des dégels successifs sans altération(20).

Si on place une boîte de pollen au congélateur, il est préférable de sortir seulement une petite quantité correspondant à la consommation pour les 3 ou 4 jours à venir. Recouvrez cette

portion d'un tissu pour que le pollen puisse "respirer" et placez-la au réfrigérateur et remettre la boîte entamée au congélateur(20).

I-6- Propriété et valeur thérapeutique du pollen

I-6-1- Propriétés thérapeutiques du pollen

Comme il existe des différences entre les pollens selon leur origine botanique, chacun peut donc avoir des propriétés thérapeutiques spécifiques. Celles présentées ci-après seront donc des propriétés moyennes pour un « pollen moyen » réunissant une grande variété d'espèces florales (21).

Les effets communs s'exercent donc sur :

- a) **L'appareil digestif** : le pollen va permettre une régularisation de divers troubles fonctionnels (type constipation), agir sur les entéro-colites et colites (y compris diverticulaires), type maladie de Crohn, en association avec de la propolis en poudre ou en solution et du miel de sarrasin ou autre.
- b) **Le système cardio-vasculaire** : fragilité capillaire, hypertension artérielle, artériosclérose,
- c) **L'appareil génito-urinaire** : trouble de la prostate, cystite à colibacilles...
- d) **Le système neuro-psychique** : stimulation de l'humeur avec un effet euphorisant, accompagnés d'une augmentation des capacités intellectuelles,
- e) **L'ophtalmologie** : troubles visuels, DMLA (Dégénérescence maculaire liée à l'âge).
- f) **La dermatologie** : alopecie, chute des cheveux, peau fragile...
- g) **Le métabolisme en général** : effets régulateurs agissant à différents niveaux (croissance, vieillissement organique...)

C'est ainsi qu'à travers sa composition globale, ses différentes actions pharmacologiques étudiées chez les animaux de laboratoire et ses effets constatés dans le cadre d'expérimentations cliniques rigoureuses chez l'enfant et l'adulte, le pollen peut Apporter à notre organisme de nombreux éléments pouvant lui manquer. Aider à la bonne marche de nombreuses fonctions organiques devenues insuffisantes, ou en régulariser certaines qui sont perturbées. Favoriser ou rétablir harmonieusement certains métabolismes défaillants. Stimuler et augmenter globalement l'énergie vitale(21).

En résumé, l'on peut dégager de tout ceci les propriétés générales suivantes (21):

Chapitre I-Généralités sur le pollen

Le pollen est un stimulant générateur de bien-être, avec un effet euphorisant. Il est un rééquilibrant fonctionnel agissant de façon naturelle et physiologique. Et enfin il est un désintoxiquant général de tout l'organisme.

I-6-2- Valeur thérapeutique

Du fait de ses propriétés générales, le pollen est un produit naturel alimentaire pouvant agir efficacement sur la santé de tout un chacun soit **(21)** :

- a) Pour la maintenir à son meilleur état d'efficacité,**
- b) Pour la renforcer si elle est déficiente,**
- c) Pour aider à la recouvrer si elle est défaillante.**

Comme pour sa composition, les indications données sont celles pour un pollen polyfloral moyen contenant le maximum d'espèces végétales. Mais attention, si toutes les indications mentionnées sont bien réelles, cela ne signifie pas que le pollen est à même de résoudre complètement, à lui tout seul, le trouble pathologique ou l'affection envisagée.

Il est un excellent complément alimentaire mais en aucun cas un produit miraculeux ou une panacée. C'est pourquoi seront donc distinguées les indications majeures où le pollen, utilisé seul (ou presque) donne généralement d'excellents résultats, et les indications essentielles où il donne souvent de bons effets en complément d'un traitement spécifique adapté à la maladie ou au trouble concerné.

Seront également distingués les usages du pollen chez le bien-portant puis chez la personne atteinte d'un trouble bien déterminé **(21)** :

Chez le bien-portant le pollen peut être pris pour **(21)** :

- a) Pallier les insuffisances éventuelles** en sels minéraux et oligo-éléments, en vitamines, acides aminés... de l'alimentation actuelle, particulièrement lors de périodes physiologiques particulières comme la grossesse, l'allaitement, la croissance, la vieillesse.
- b) Obtenir un meilleur rendement physique et intellectuel** dans le cadre d'activités normales, d'avoir une meilleure résistance à la fatigue lors de périodes d'activité plus intenses (meilleures performances pour le sportif, préparation aux examens avec une plus grande facilité pour apprendre et mémoriser chez l'étudiant),
- c) Renforcer l'organisme** dans sa lutte contre les agressions physiques (microbiennes) et psychiques (stress en particulier),
- d) Favoriser la croissance** de l'enfant et de l'adolescent,

Chapitre I-Généralités sur le pollen

- e) **Freiner les effets du vieillissement organique** en général, de la peau et des phanères en particulier (ongles, cheveux).

Le pollen s'adresse, en premier lieu et comme la gelée royale, à toute personne voulant conserver ou augmenter leur vitalité et leur joie de vivre pour rester au mieux de leur forme et retarder au maximum leur vieillissement biologique.

Chez la personne mal-portante, suivant l'origine et la gravité du trouble et de l'affection en cause, le pollen sera pris seul ou associé à d'autres médicaments. Le pollen sera utile dans les cas suivants (21):

- a) **Etats de fatigue (asthénies) d'origines diverses** : en cours de maladie, en période postopératoire, de convalescences médicales ou chirurgicales, de surmenage, d'épuisement physique, psychique ou intellectuel, ou d'asthénie chronique (chez les personnes adultes et âgées),
- b) **Pertes de l'appétit (anorexies)** : que l'origine soit physiologique ou psychique (anorexies mentales), états de maigreur et amaigrissement. A noter que la prise de pollen ne modifie guère un appétit normal.
- c) **Etats carenciels divers** : retard de croissance, rachitisme,...
- d) **Terrains déficients constitutionnels**
- e) **Sénescence** : ou vieillissement prématuré et anormalement exagéré.

L'action thérapeutique du pollen s'adresse à tous les systèmes, mais il est plus particulièrement indiqué dans les pathologies des systèmes digestif et urinaire, ainsi que pour la prévention des troubles cardio-vasculaires (4) :

Sphère cardio-vasculaire

Artériosclérose et ses conséquences, dont l'hypertension artérielle, qui est favorablement améliorée (21).

Fragilité vasculaire en général et **capillaire** en particulier.

Sphère digestive

- a) **Constipation fonctionnelle** où le pollen donne de remarquables résultats,
- b) **Entéro-colites** et **colites diverses** (y compris diverticulaires),

Sphère neuro-psychique (21):

- a) **Neurasthénie** (état dans lequel la fatigue névrotique est prédominante),
- b) **Etat dépressif mineur** réactionnel à un mauvais état physique ou à des problèmes psychiques mineurs (en appoint d'un traitement à base de plantes stimulantes et régulatrices comme le ginseng).

Sphère dermatologique (21) :

- a) **Peau fragile**
- b) **Ongles fragiles et cassants**
- c) **Chute anormale ou prématurée des cheveux**, qui est systématiquement retardée, voire même stoppée.
- d) **Certaines dermatoses.**
- e) **Ophthalmologie** : Fatigue oculaire.

I-7- Caractéristiques microbiologiques du pollen

Dans l'intestin des abeilles il y a des micro-organismes différents. La composition microbienne change au cours de la saison. Ces changements sont cartographiés assez bien. Les différences dans la composition microbienne des colonies d'abeilles ne sont pas très grandes mondialement. L'influence positive des pollens divers sur la santé des colonies d'abeilles peut être attribuée à une diversité de substances nutritives dans ce pollen qui donne aussi une diversité en micro-organismes dans l'intestin des abeilles. Une alimentation unilatérale mène à une réduction de la diversité microbienne, affectant la santé de ces dernières (22).

I-7-1-Principales altérations d'origine biologique et microbiologique

La présence des organismes et micro-organismes dans le sédiment dégrade également les grains de pollen. Les collemboles (Petits arthropodes vivants dans les sols à l'abri de la lumière et susceptibles de bioturber les couches sédimentaires.) altèrent le pollen en le consommant pour sa propre croissance. Les champignons et les bactéries attaquent le pollen pour ses teneurs en carbone et en azote concentrés dans la sporopollenine, ce qui corrode la surface de l'exine. Les bactéries anaérobies aussi dégradent les ballonnets des grains de pollen des conifères (Plantes à ovules et graines nues.)(23).

I-8- L'utilisation alimentaire du pollen

Le pollen est connu pour ses vertus énergétiques, et parce qu'il contient tous les nutriments nécessaires à la vie, il est utilisé à une échelle toujours plus grande pour la nourriture et la santé humaines. Compte-tenu de sa composition, le pollen est un tonifiant, stimulant, rééquilibrant et désintoxiquant(24). Parmi ses nombreuses vertus (25):

- Il régule la **croissance** et limite le **vieillessement** (notamment des phanères : ongles, cheveux et poils).

Chapitre I-Généralités sur le pollen

- Il réduit la **fatigue oculaire**.
- Il lutte contre les problèmes de **constipation** et les **colites**.
- Il favorise l'**appétit** chez les anorexiques et, si besoin, la reprise de poids chez les personnes amaigries (100 g de pollen équivalent à environ 7 œufs).
- Il influence favorablement l'**hypertension artérielle**.
- Il joue un rôle positif dans le cadre de certaines **asthénies sexuelles**.
- Il améliorerait la **mémoire**.

Nous pouvons admettre qu'une ration de 30 grammes de pollen par jour apporte tous les éléments indispensables ; comme il y a d'autres sources d'acides aminés dans notre alimentation, nous pouvons dire qu'une ration de pollen de 20 grammes par jour est suffisante (26).

Le pollen correspond à un gros apport en protéines végétales, on estime que 100g de pollen équivaut à 7 œufs. Sa composition lui permet donc d'être un stimulant une rééquilibrage de votre système digestif. On pourra trouver dans certains pollens des vertus médicinales très particulières comme par exemple celui du ciste conseillé pour la prostate. Les préconisations sont de réaliser plusieurs cures par an à raison d'une cuillère à café par jour (27).

Le pollen se présente le plus souvent en pelote comme l'abeille l'a amassé dans ses corbeilles. Beaucoup de personnes le consomment à l'état naturel, d'autres, le trouvant trop fade, le mélangent avec du miel, de la confiture, ou le font dissoudre dans de l'eau ou dans un Jus de fruit (26). Le pollen existe sous diverses formes et toutes possèdent des caractéristiques qui leur sont propres(25).

Ainsi, on trouve du pollen sous forme (25):

- de pelotes naturelles : le pollen a alors un goût très fort (certains sont aromatisés pour faciliter leur consommation) ;
- de gélules (à privilégier uniquement pour les personnes qui ne supportent pas le goût ou l'odeur du pollen en pelotes) ;
- d'extraits purifiés vendus en pharmacie.

L'idéal reste d'utiliser du pollen sous forme de pelotes. Choisir le polyfloral moyen, c'est-à-dire issu de plusieurs espèces végétales. Ce type de pollen remplit parfaitement son objectif protecteur et revitalisant(25).

I-9-Phénomène de sédimentation

I-9-1- Définition de la sédimentation

La sédimentation est un processus dans lequel des particules de matière quelconque cessent progressivement de se déplacer et se réunissent en couches. Les facteurs induisant la sédimentation peuvent être variés en nombre et en proportion(28).

I-9-2- Théorie de la sédimentation

La modélisation de la sédimentation est attribuée à Kynch (1952), qui propose la théorie suivante : la vitesse de chute de particules rigides en sédimentation libre ne dépend que de la concentration locale en solide de la suspension. Elle est une fonction décroissante de la concentration en solide. Les particules de même dimension, de même forme et de même masse volumique sont équi-tombantes et leur concentration est uniforme pour chaque niveau de la colonne de sédimentation(29).

Ainsi, à partir d'essais en éprouvette, Kynch trace dans le diagramme (h, t) les droites d'iso-concentration correspondant aux niveaux où la concentration a une valeur C donnée, et à leur déplacement dans le temps. La pente de ces droites est donnée par la relation(29)

$$dh/dt = v(c)$$

Avec $v(C)$ la vitesse de déplacement d'un plan de concentration constante (C), par rapport à l'éprouvette. Dans le triangle $ab0$, les vitesses de chute sont constantes. Leur équation s'écrit, pour $C_a < C < C_b$.

I-9-3- Problème de la sédimentation du pollen

Le problème de sédimentation du pollen dans le yaourt à été signalé par **(Bouagada A. et Benfattoum N., 2010)**, qui ont fait une expérience au niveau HODHNA lait, leurs essais consistaient à élaborer un yaourt étuvé supplémenté de pollen en pelote à différentes concentration (0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5%). Les pelotes ont été pasteurisées à part ce qui a engendré un brunissement important et une perte des caractéristiques organoleptiques.

Les produits qui contenaient 1%, 1,5% et 2% de pollen présentaient moins de défauts que le produit qui contenait 2,5% de pelotes mais le problème de la sédimentation est quasi-présent dans ces échantillons. Le meilleur produit s'avère le produit contenant 0,5% de pollen, mais cette quantité s'avère insuffisante du point de vue nutritionnel, car la quantité idéale de pollen à ajouter est de 2,5g par 100g de yaourt.

Chapitre II- Généralités sur le Yaourt

Le lait est un système complexe, en raison de son organisation, des interactions existant entre ces divers constituants, et de la variabilité de sa composition qui dépend de l'espèce, de la race, du régime alimentaire et de la période de lactation (30).

Ces complexités conduisent à une instabilité du lait qui peut être exploitée lors de sa transformation en une diversité de produits laitiers tel que, les fromages, les crèmes, et les produits fermentés comme le yaourt (30).

Les produits fermentés varient selon : la variation particulière de la composition du lait ; la température d'incubation ; la nature de la flore microbienne, lactique et autre ; le traitement technologique, les additifs (31), l'origine du lait et leur état final (32).

Un de ces produits fermentés c'est le yaourt qui est défini selon la F.A.O/O.M.S (1997) comme suit : c'est un lait coagulé obtenu par la fermentation lactique acide due à *Loctobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* du lait pasteurisé ou concentré avec ou sans addition (de lait en poudre, etc.). Les micro-organismes du produit final doivent être viables et abondants (30).

II-1-Types de yaourt

Il existe plusieurs types de yaourts classés selon le taux de matière grasse ou selon leur technologie de fabrication :

II-1-1 Selon le taux de matière grasse

A. Yaourt nature

Le yaourt nature est le yaourt simple, sans adjonction de sucre ou d'autres aromates. Il est obtenu à partir de la fermentation du lait pasteurisé, il est aussi le yaourt le plus simple à faire à la maison, avec du lait et les ferments lactiques adéquats. Le yaourt nature a, par ailleurs, des bienfaits sur la digestion, grâce à la présence des ferments lactiques qui continuent leur travail dans le tube digestif (33).

B. Yaourt entier

Comme sa dénomination l'indique, ce yaourt est à base de lait entier. Sa teneur en matière grasse (MG) est de 3,5 % (35 g/l). C'est un yaourt très onctueux et crémeux.

C. Yaourt maigre

Préparé à partir de lait écrémé, le yaourt maigre a une consistance gélifiée. Il est moins moelleux et il ne contient plus de vitamines A et D (33).

D. Yaourt aux fruits

Auquel on ajoute un pourcentage qui ne dépasse pas les 30% du poids total de la préparation à base de fruits, de conserve, de confiture, de jus ou de chair de fruits contenant des substances aromatiques naturelles (33).

I-1-2- Selon la technologie de fabrication

D'après cette méthode de classification on peut définir deux types :

A. yaourt ferme ou étuvé

Le laitensemencé est versé dans de petits pots dans lesquels le yaourt sera commercialisé. L'épaississement s'effectue donc dans les pots durant 3 à 5 heures. Lorsque le yaourt est suffisamment formé, la fermentation peut être arrêtée par un refroidissement à +/- 2°C. Des fruits peuvent avoir été ajoutés lors de la mise en pots. Ils doivent toutefois avoir été stérilisés pour éviter tout risque de fermentation parasite (34).

B. yaourt brassé

Le yaourt brassé est fabriqué de la même façon que le yaourt nature normal. Toutefois, afin de lui donner cet aspect plus crémeux et onctueux, il est passé dans une machine qui le brasse, et lui permet ainsi d'avoir une toute nouvelle texture, plus douce en bouche (35).

La fabrication de ces deux types de yaourt peut être réalisée soit à partir de lait entier 3,5% MG, soit à partir de lait partiellement ou totalement écrémé (1,0 et 0% de MG) (31).

II-2-Fabrication du yaourt

II-2-1-Définition, historique et réglementation du yaourt

C'est dans la catégorie des laits fermentés obtenus par action de bactéries lactiques thermophiles que se classe le yaourt, il est obtenue selon la fédération internationale laitière (FIL), par le développement des seules bactéries lactiques *Lactobacilles delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et trouvées vivantes dans le produit à raison d'au moins 10⁷ bactérie/g(36).

La dénomination du produit varie selon les langues. Mais les termes les plus utilisés sont "yoghourt", "yoghourt" ou "yaourt" (36).

II-2-2- Matière première et ingrédients

La principale matière première pour la fabrication de yaourt est le lait dont, pour l'essentiel, le lait de vache. Il est constitué d'environ 88% d'eau et de 12% de matière sèche incluant des glucides, des protéines, des lipides et des minéraux (37).

Afin d'augmenter la viscosité apparente et la consistance des yaourts (38, 39), la teneur en matière sèche du lait écrémé utilisé est augmentée au préalable jusqu'à 10-12%. Après concentration (par évaporation ou osmose inverse) ou, plus fréquemment, addition de poudre de lait écrémé ou de protéines de lactosérum (40) (voir Tableau 1), on parle alors de lait écrémé fortifié ou enrichi.

Dans le cas de yaourt brassé sans matière grasse, des agents de texture (épaississants ou gélifiants) sont souvent ajoutés. Ils améliorent l'apparence ; la viscosité et la consistance. Les additifs les plus fréquemment utilisés sont : la gélatine, les alginates, les celluloses, les amidons et les pectines.

Les fruits dans le yaourt sont apportés sous forme de préparations de fruits avec ou sans sucre ajouté. Les agents de texture. Incorporés dans la préparation de fruit participent également à l'amélioration de la texture des yaourts. Les fruits les plus consommés sont les fruits rouges et les fruits exotiques (32).

Tableau 1: Composition des laits en poudres utilisés pour la reconstitution des laits ou pour la fortification des laits de vache (32).

Composition	Lait entier	Lait partiellement écrémé	Lait écrémé
Matière grasse			
• Minimum	• 26	• >1.5	• -
• Maximum	• <40	• <26	• 1.5
Eau maximum	5	5	5

✓ Diagramme de la fabrication de yaourt

On peut voir à la Figure 1 un diagramme des principales étapes de la fabrication du yaourt.

Pour obtenir un produit final acceptable, les responsables de la qualité se doivent d'établir les caractéristiques recherchées pour chaque produit et de dresser une liste des défauts possibles associés à ces mêmes caractéristiques (41).

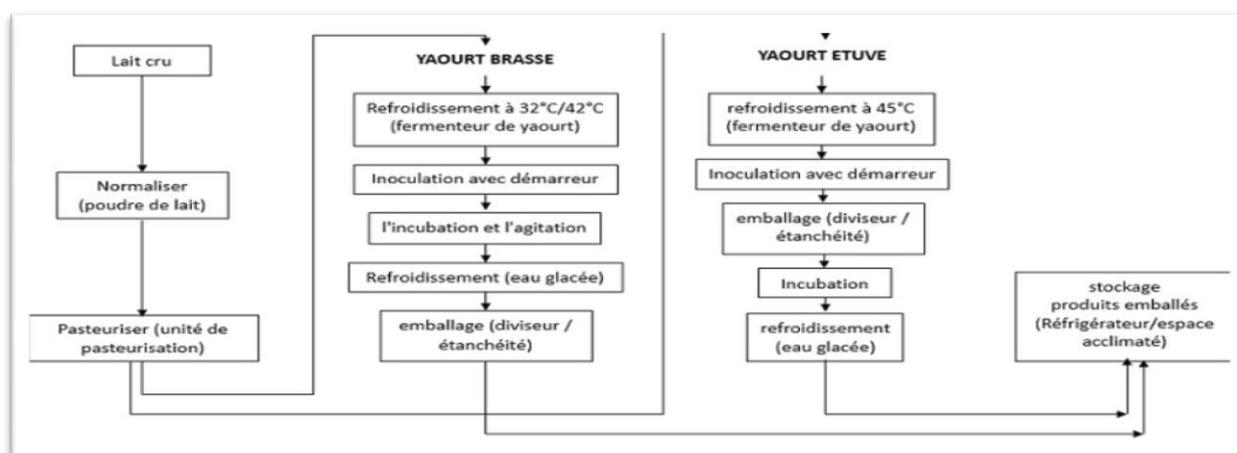


Figure 1: Diagramme de fabrication du yaourt(41)

II-2-3- Caractéristique d'un yaourt nature (42)

- ✓ **Présence, a un degré, de gout ou d'odeurs**
Acide, sucrées d'acétaldéhyde.
- ✓ **Absence de gout ou d'odeurs**
Fruité, vanillés, levures, de fromage, d'herbes, oxydé, brûlés, trop ou peu sucrés, trop ou faiblement acides, aqueux, faiblement aromatique, rances ou amers.
- ✓ **Présence, à un degré défini, d'une apparence**
Uniforme et jaunâtre.
- ✓ **Absence dans l'apparence de**
Synérèse, mousse à la surface, moisissures, craquelage, collage à la paroi du pot, couche de crème, grumeaux, couleur trop bleutée ou non uniforme ou non homogène.
- ✓ **Présence, à un degré défini, d'une texture**
Ferme, onctueuse, uniforme visqueuse et consiste.
- ✓ **Absence d'une texture :**
Molle, coulante ou liquide, trop ferme ou gommeuse, faiblement onctueuse, râpeuse ou sableuse au palais, gélatineuse, faiblement ou fortement visqueuse.
Absence de substances anormales (antibiotiques) et de résidus divers provenant des conditions de production, de récolte et de conservation du lait initial;
- ✓ **Absence de modifications de la structure et de la composition physicochimique** pouvant nuire à sa valeur nutritionnelle et à ses aptitudes technologiques.

Ces qualités dépendent de la qualité du lait cru mis en œuvre, du traitement thermique du lait, de la méthode de concentration et de séchage et des conditions de stockage (32).

II-3-La fermentation lactique

Le lait, enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation, 40 -45°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (43). Leur inoculation se fait à un taux assez élevé, variant de 1% à 7%, pour un ensemencement indirect à partir d'un levain avec ratio *Streptococcus thermophilus* /*Lactobacillus bulgaricus* de 1,2 à 2 pour les yaourts nature, et pouvant atteindre 10 pour les yaourts aux fruits (44 ; 40). L'ensemencement direct à partir de bactéries lactiques concentrées congelées se fait à des taux de l'ordre de 0,03%. Les deux espèces *Streptococcus thermophilus* /*Lactobacillus bulgaricus* vivent en symbiose et en synergie. Lors de leur croissance, elles dégradent le lactose en acide lactique, entraînant une baisse du pH et la gélification du milieu avec des modifications structurales irréversibles. En outre, ces bactéries produisent des composés carbonylés volatils (l'acétate d'éthyle, le diacétyl...etc.) (45; 46). Et des exo-polysaccharides (47) qui participent, respectivement, au développement de l'arôme et de la texture des yaourts.

Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,7 et 4,3, un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu'à 5°C) est appliqué afin de stopper la fermentation. En effet, l'activité des bactéries lactiques est limitée pour des températures inférieures à 10°C (37). Avant refroidissement, un brassage peut être réalisé selon différentes techniques : par passage du caillé au travers d'un filtre ou d'un tamis, ou encore, par simple agitation mécanique dans la cuve. Ce traitement permet d'améliorer l'onctuosité du produit et de réduire la synérèse due à l'exsudation du lactosérum. Le refroidissement est réalisé au moyen d'échangeurs à plaques ou tubulaire (40) où le yaourt subit également un traitement mécanique par cisaillement.

II-4- Le rôle des ferments lactiques dans la fermentation du lait

Les ferments lactiques jouent un rôle très important dans la fabrication du yaourt puisqu'ils influencent directement la qualité du produit fini.

II-4-1-Acidification

La souche *Streptococcus thermophilus* produit principalement de l'acide lactique sous forme L(-) alors que le *Lactobacillus bulgaricus* produit principalement de l'acide lactique sous forme D(-). L'acide lactique est un indice de qualité du yaourt. Cette acidification permet la solubilisation du phosphate de calcium, ce qui entraîne un début de séparation de sub-micelles. A un pH entre 5,2 et 5,3 il y a déstabilisation de la caséine et un début de

Chapitre II- Généralités sur le Yaourt

précipitation, on note donc une augmentation de la grosseur des micelles, car la structure est devenue plus lâche. A un pH entre 4,6 et 4,7 ; on atteint le point isoélectrique de la caséine, il ya alors une précipitation complète de la caséine **(48)**.

L'association entre les protéines du lactosérum et la caséine provenant des traitements thermiques, et l'acidification qui modifie la structure de la caséine, rendront le caillé beaucoup plus hydrophile que celui du fromage **(49)**.

Certaines études ont démontré qu'on peut faire varier la qualité et les types de composés à saveurs dans les produits finals par l'ajout de solides totaux, par le traitement thermique du mélange de base et par le type de lait qui est lié à l'espèce ou à la race de vache ou par son alimentation. Ce sont des moyens d'enrichissement du mélange à yogourt accessibles à l'industrie **(49)**.

II-5- Conservation

Préparés selon une technologie rigoureuse et dans des conditions hygiéniques strictes, ces produits peuvent se conserver environ 3 semaines sous réserve d'être maintenus au froid. Au cours de la commercialisation, la température ne doit pas excéder 8 °C. Dans les pays où la chaîne du froid du fabricant au consommateur n'existe pas, les délais de distribution et de consommation doivent être beaucoup plus courts **(32)**.

Si le maintien des yaourts au froid empêche la multiplication bactérienne, il n'arrête pas complètement leur activité métabolique. Bien que lente, la production d'acide lactique se poursuit; des enzymes hydrolysent les protéines avec, comme conséquences, une diminution de la fermeté et de la viscosité et l'apparition de peptides à goût amer. Pour ces raisons, on procède parfois, quand la réglementation le permet, à un traitement thermique après la fermentation **(32)**.

Dans de nombreux pays, pour avoir droit à la dénomination «yaourt» le produit doit, au moment de la vente, contenir des bactéries spécifiques vivantes en nombre important; un nombre minimum peut être fixé, par exemple 100 millions par millilitre **(32)**.

II-6-La valeur nutritionnelle du yaourt

Les compositions nutritionnelles des laits fermentés sont très variables et dépendent essentiellement du taux de matières grasses du lait utilisé et des ingrédients ajoutés au

Chapitre II- Généralités sur le Yaourt

moment de la fabrication. La gamme de produits proposés est d'ailleurs très vaste et permet à chacun quel que soit son âge, son état physiologique ou le type de régime suivi de toujours trouver un produit adapté. Les valeurs nutritionnelles des yaourts sont tout à fait transposables à celles des laits fermentés. En effet, c'est la nature du lait utilisé (entier, demi écrémé ou écrémé) et l'ajout éventuel d'ingrédients qui interviennent sur la composition des produits et non pas le type de ferments (50). Un yaourt pèse en moyenne 125 g mais les apports nutritionnels fournis par les tables de composition sont toujours exprimées pour 100 g quelques soient les produits.

Tableau 5: La valeur nutritionnelle d'un verre de lait (150 ml)(51).

	Unité	Lait entier	Lait demi-écrémé	Lait écrémé
Energie	Kcal	95	69	51
Protéines	G	5,0	5,0	5,0
Graisses	G	5,3	2,4	0,2
Acides gras saturés	G	3,3	1,5	0,2
Hydrates de carbone	g	7,1	7,2	7,4
Fibres	G	0,0	0,0	0,0
Sodium	Mg	66	56	63
Potassium	Mg	234	243	239
Calcium	Mg	177	179	174
Phosphore	Mg	132	140	150
Magnésium	Mg	15	15	15
Fer	Mg	0,3	0,0	0,0
Zinc	Mg	0,8	0,8	0,6
Sélénium	Mg	7,5	1,5	1,5
Vit. A	Mg	54	33	2
Vit. B ₁	Mg	0,06	0,06	0,06
Vit. B ₂	Mg	0,26	0,27	0,27
Vit. B ₁₂	Mg	0,71	0,41	0,35
Vit. C	Mg	1,5	3,00	3,00
Vit. D	Mg	0,6	0,00	0,00

II-7-La valeur thérapeutique du yaourt

Le Programme National de Nutrition Santé recommande de consommer 3 produits laitiers par jour, et de miser sur leur variété pour équilibrer les apports en calcium, matières grasses et sels. On considère qu'un pôt de yaourt correspond à un produit laitier(52).

Les produits laitiers s'imposent comme la meilleure source de calcium de notre alimentation. Leur calcium est particulièrement bien absorbé et assimilé par l'organisme. Cette biodisponibilité est renforcée par la présence de protéines et de phosphore.

Le calcium est nécessaire à la minéralisation des os et des dents tout au long de la vie. Il intervient également dans de nombreux processus vitaux : contraction musculaire, coagulation sanguine, pression artérielle, transmission de l'influx nerveux, fonctions hormonales, activité enzymatique, renouvellement cellulaire (52).

Les produits laitiers représentent aussi une excellente source de phosphore, essentiel lui aussi à la minéralisation des os et des dents, ainsi qu'à la régénérescence des tissus. Ils offrent aussi un apport en protéines de qualité, dont la valeur biologique est comparable à celle des protéines de la viande.

La vitamine B12 est indispensable à l'organisme. Elle intervient dans la croissance, la division cellulaire, l'équilibre du système nerveux, la synthèse des protéines, la formation des globules rouges, le métabolisme des glucides et des lipides...Les viandes et les poissons constituant la première source de vitamine B12. La consommation régulière de produits laitiers offrant de bonnes teneurs en vitamine B12 permet d'assurer une meilleure couverture des besoins de l'organisme(52).

Ainsi, les produits laitiers participent à la prévention de l'ostéoporose, des maladies cardiovasculaires, du cancer du colon et de l'obésité. En effet, les produits laitiers semblent jouer un rôle dans la gestion du surpoids et dans l'apparition du syndrome métabolique. Des études épidémiologiques indiquent que la consommation de 3 produits laitiers par jour est associée à une diminution de l'incidence du syndrome métabolique de l'ordre de 30 %. De plus, les bactéries lactiques (ou ferments lactiques) auraient des effets bénéfiques sur la santé intestinale. Elles favoriseraient de plus la digestion du lactose. Plusieurs études suggèrent que les individus souffrant d'intolérance au lactose toléreraient mieux le yaourt que le lait (52)

III-Modes opératoires

III-1- Analyse morphologique des pelotes de pollen

III-1-1-Echantillonnage

L'échantillonnage est une étape primordiale pour toute analyse, elle consiste à bien mélanger le pollen pendant au moins 3min pour l'homogénéiser puis peser 3g de graines de pollen en pelote. Sur la prise d'essai (pelote) échantillonnée faire les analyses suivantes :

Le Genres des pelotes par couleur

Dans cette manipulation, on Met les pelotes sur une plaque en verre et avec une pince séparer les pelotes selon leur couleur, chaque couleur est pesée à part et séparée, les impuretés sont aussi isolées.

Description de la morphologie des pelotes

Pour se faire, décrire visuellement la forme des pelotes de pollen en utilisant au moins deux descripteurs pour la forme (ronde, triangulaire, ovale, diforme) et un autre pour l'épaisseur (arrondie, aplatie). De chaque couleur prendre 10 pelotes après homogénéisation et mesurer la longueur et la largeur.

Détermination de la masse volumique du pollen en pelote

La masse volumique du pollen est un paramètre physique important, il dépend de leur composition et de leurs formes, pour le mesurer prendre un cylindre bien séché et le peser vide (g) puis introduire 10 ml du pollen dans le cylindre et de temps en temps faire une petite vibration pour éliminer l'air dans le cylindre et avoir un bon tassement du produit. Le cylindre est repesé (poids en g). La masse volumique du pollen est calculée en utilisant la loi suivante :

$$\mu \text{ (g/ml)} = m_p / 10$$

Avec :

μ : la masse volumique du pollen en g/ml.

m_p : le poids du pollen en gramme à 0,0001g près.

10: le volume du pollen en ml.

Chapitre III- Matériel et méthodes

La densité est le rapport de la masse volumique du pollen par la masse volumique de l'eau exprimée en kg/m^3 .

$$D = \mu_{\text{pollen}} / \mu_{\text{eau}}$$

III-2-Méthodes d'analyses polliniques

III-2-1-Préparation du pollen pour l'observation microscopique

III-2-1-1-Dégraissage

3g de pollen sont pesés dans un bécher et on y ajoute 10ml d'hexane. On agite la solution avec un agitateur magnétique pendant 10min sans chauffage. Après 10min on laisse la solution pendant quelques minutes pour la décantation, le surnageant est éliminé ainsi on récupère le résidu dans un bécher puis on ajoute 5ml d'hexane. Les mêmes étapes sont répétées pour récupérer le résidu.

Le résidu est récupéré dans une capsule, il est mis dans une étuve à 65°C pendant 1heure (jusqu'à évaporation totale de l'hexane).

III-2-1-2-Lavage

Le résidu séché est mis dans un bécher, on y ajoute 10ml d'eau acidulée (on ajoute quelques ml de H_3PO_4 à raison de 3%), après on fait l'agitation pendant 10min. On sépare la solution par centrifugation à 3600tr/min pendant 10min, ensuite on récupère le culot de centrifugeuse dans un bécher puis on ajoute 5ml d'eau acidulée. Les mêmes étapes sont répétées pour récupérer le résidu bien lavé.

On transfère le résidu récupéré dans une capsule et on le sèche dans une étuve à 65°C pendant 1heure (jusqu'à évaporation de l'eau).

III-2-1-3-Montage sur lame et lamelle

Lorsque les grains sont bien secs on procède au montage entre lame et lamelle, on remet en suspension 1g de pollen homogénéisé dans 5 ml d'eau, puis on mélange pendant 2 à 3 min. Ensuite à l'aide d'une micropipette on prélève $10 \mu\text{l}$ de cette suspension qu'on met sur une lame propre sous forme d'un cercle de 10mm de diamètre, la lame est séchée sur une plaque chauffante à 40°C jusqu'à évaporation totale de l'eau.

Lorsque la lame est séchée on dépose de la glycérine sur la lamelle et on couvre la zone de dépôt, il faut laisser la glycérine s'étaler complètement et laisser un peu refroidir. Enfin on scelle avec du vernis à ongles et on observe la lame sous microscope.

III-2-2- Observation sous microscope

Il faut compter au moins 300 grains de pollen pour une estimation de la fréquence relative des types de pollen et de 500 à 1000 grains de pollen pour la détermination des fréquences relatives (53).

L'examen au microscope est effectué à l'agrandissement qui est le plus apte à identifier les différents éléments dans les sédiments (400 X).

Après une première inspection générale pour vérifier la lisibilité de la lame, une identification systématique par ligne est faite afin de déterminer les types et la densité des grains de pollen, les fréquences relatives de chaque type de pollen sont déterminées comme suit : Identification et comptage des grains de pollen sur 5 lignes parallèles équidistantes (Figure 1) réparties uniformément d'un bord de la lamelle à l'autre, jusqu'à ce que 500 grains ou plus soient comptés.

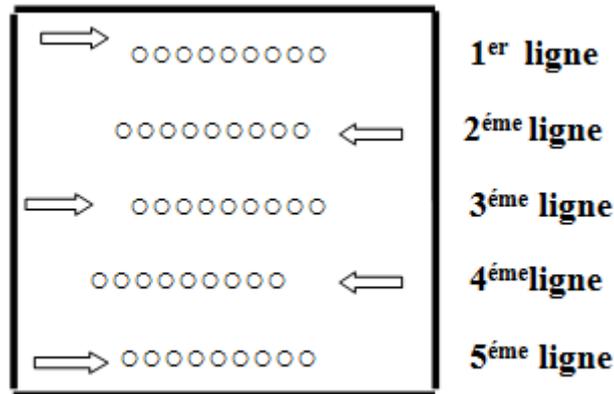


Figure 1: Matrice de comptage des grains de pollen (53).

Si les fréquences relatives ne sont pas stabilisées ou si le nombre de 500 grains de pollen ne suffit pas pour l'interprétation (spectre complexe, pollen surreprésenté, pollen abondant de plantes nectarifères ou d'autres conditions qui peuvent masquer les pollens), continuer le nombre à 1000 suivant 5 autres lignes parallèles situées entre les 5 premières.

Les différents champs de vision (butées de comptage) doivent être répartis uniformément le long de la ligne et la distance entre les arrêts de comptage doit être calculée en fonction de la densité des grains de pollen de la préparation.

Il faut Compter les pollens avortés, irréguliers ou cassés s'ils peuvent être identifiés. Noter séparément les pollens non identifiables et les grains identifiés. Noter également séparément les indicateurs de miellat (HDE), i.e. spores fongiques, hyphes et algues microscopiques. Noter d'autres constituants du sédiment, comme la matière finement granulée

Chapitre III- Matériel et méthodes

et microcristalline. Matière protéique (Demianowicz, 1963), levures, impuretés, particules de suie, corpuscules de graisse, amidon, ou des particules végétales.

Si le sédiment contient un pourcentage élevé de pollen surreprésenté (comme celui de myosotis, châtaigner ou eucalyptus), il est recommandé d'effectuer un second décompte excluant les pollens surreprésentés pour déterminer plus précisément l'abondance relative des autres types de pollen.

Cette procédure nécessite un temps variable en fonction de la complexité du spectre de pollen et l'expérience de l'analyste (habituellement de 30mn à 4h).

✓ Calcul et présentation des résultats

Pour chaque type de pollen, la fréquence respective est calculée par rapport au nombre total des grains de pollens comptés. Seuls les chiffres basés sur un total d'au moins 500 grains doivent être exprimés en pourcentages.

Les types de pollen devraient être classés par le genre ou par espèce botanique seulement quand ils ont été déterminés de manière fiable, ce qui se produit rarement. Autrement, une note doit être ajoutée après le nom scientifique, comme groupe, forme ou type, pour indiquer que le terme est utilisé dans un sens plus large.

III-3-Préparation de poudre de pollen pour l'analyse granulométrique

Pour avoir une bonne image de la répartition granulométrique du pollen, il s'avère indispensable de lui faire un prétraitement adéquat, à savoir un dégraissage, suivi d'un lavage et d'un broyage. Ces étapes sont expliquées ci après.

III-3-1- Dégraissage

On pèse 3g de pollen dans un bécher et on y ajoute 10ml d'hexane. On agite la solution avec un agitateur magnétique pendant 10min sans chauffage. Après 10min on laisse la solution pendant quelques minutes pour la décantation, on élimine le surnageant ainsi on récupère le résidu dans un bécher puis on ajoute 5 ml d'hexane. Les mêmes étapes sont répétées pour récupérer le résidu.

On transfère le résidu récupéré dans une capsule et on le met dans une étuve à 65°C pendant 1 heure (jusqu'à évaporation totale de l'hexane).

III-3-2- Lavage

Le résidu séché est mis dans un bécher, 10ml d'eau acidulée sont ajoutées (on ajoute quelque ml de H_3PO_4 à raison de 3‰), l'agitation est assurée pendant 10min. la solution de lavage est séparée par centrifugation à 3600tr/min pendant 10min, cette opération est répétée deux fois, et le culot de centrifugation est mit dans une capsule et placé à l'étuve à 65°C jusqu'au poids constant. Ensuite les granules sont séparées en passant la matière par un broyage au mortier.

III-3-3-Répartition granulométrique des poudres de pollen

La distribution granulométrique des poudres de pollen est réalisée à l'unité de recherche UR-MPE de l'université M'Hamed Bougera de Boumerdes. Elle est déterminée à l'aide d'une granulométrie LASER de marque MASTERSIZER. La technique permet de mesurer la distribution de la taille de particule et la surface spécifique des particules du diamètre dominant. Le faisceau laser traverse la cellule d'analyse qui contient l'échantillon. La lumière diffractée par les particules est collectée au niveau d'une lentille qui réoriente l'image de diffraction sur les détecteurs. Toutes les particules de même taille diffractent au même angle et tombant sur le même détecteur.

III-4- Méthodes d'analyses physico-chimiques

Les méthodes utilisées pour la caractérisation des pollens étudiés sont les suivantes :

- Détermination de la teneur en eau,
- Détermination de l'acidité titrable,
- Détermination de la teneur en cendres,
- Détermination de la teneur en protéines : Teneur en protéines brutes (azote total).
- Détermination de la teneur en lipides,
- Détermination de la teneur en glucides : Teneur en glucides totaux.

III-4-1- Détermination de la teneur en eau

La teneur en eau du pollen est déterminée par la « méthode gravimétrique » (54). Elle consiste en l'étuvage d'un échantillon d'un gramme de pollen à $65\pm 0,5^\circ C$. Les capsules vides sont séchées à l'étuve pendant 20min à $65\pm 0,5^\circ C$ avant analyse.

A 0,0001g de précision, un gramme d'échantillon est pesé dans chaque capsule et placé à l'étuve à $65\pm 0,5^\circ C$ durant 3 heures pour le séchage. Les capsules sont retirées de l'étuve puis placées dans le dessiccateur afin d'être pesées après refroidissement. L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant (en réduisant la durée de séchage à 30 mn).

Chapitre III- Matériel et méthodes

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H\% = [(M_1 - M_2) * 100] / P$$

Où :

H% : Humidité ;

M₁ : Masse de la capsule plus la matière fraîche avant étuvage ;

M₂ : Masse de l'ensemble après étuvage ;

P : Masse de la prise d'essais.

La matière sèche est déduite selon la formule suivante :

$$M_s\% = 100 - H\%$$

M_s : La matière sèche du pollen en pourcentage

III-4-2- Détermination de l'acidité titrable

L'acidité titrable est déterminée selon la méthode **NF V 05-101(1974)**, elle est destinée à la détermination de l'acidité titrable des produits d'origines végétales, c'est le cas du pollen (**55**). Le principe de cette méthode se base sur le titrage de l'acidité d'une solution aqueuse avec une solution d'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

Un échantillon de 2,5±0,01g de pollen bien broyé est placé dans une fiole conique avec 20ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, et mélangé jusqu'à obtention d'un liquide homogène. La fiole conique est adaptée à un réfrigérant à reflex afin de chauffer le contenu au bain-marie pendant 30mn. Après refroidissement, le contenu de la fiole conique est transvasé quantitativement dans une fiole jaugée de 25ml et complété jusqu'au trait de jauge avec l'eau distillée. Ensuite, il est bien mélangé puis filtré. 10ml du filtrat, versés dans un bêcher, sont titrés avec une solution d'hydroxyde de sodium 0,1N en présence de 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine, jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant 30 secondes.

L'acidité titrable est exprimée en milléquivalents de NaOH par 100g de pollen, elle est déterminée selon la formule suivante :

$$A = (25 \cdot V_1 \cdot 100) / (M \cdot 10 \cdot V_0)$$

Où :

A : L'acidité titrable (milléquivalents de NaOH /100g du pollen) ;

M : Masse du pollen prélevé (g) ;

V₀ : Volume de la prise d'essai (10ml) ;

V₁ : Volume de la solution d'hydroxyde de sodium à 0,1N utilisé.

III-4-3- Détermination de la teneur en cendres

La teneur en cendres est déterminée selon la méthode **AOAC(2000)**. Le principe de la méthode est basé sur la calcination du pollen à 600°C dans un four à moufle jusqu'à obtention de cendres blanchâtres de poids constant. 1g d'échantillon de pollen est placé dans une capsule en porcelaine mise par la suite dans un four réglé à 600±15°C durant 2 heures jusqu'à l'obtention d'une couleur grise claire ou blanchâtre. La capsule est, ensuite retirée du four et refroidie dans un dessiccateur, puis pesée. La teneur en cendres (Cn) est, alors déterminée par la formule suivante :

$$\text{Cn}\% = [M_2 - (M_1 - P)] * 100 / P$$

Où :

Cn% : la teneur en cendres ;

M₁ : Masse de la capsule plus la prise d'essai (g) ;

M₂ : Masse de la capsule plus cendres (g) ;

P : Masse de la prise d'essai (g).

III-4-4-Détermination de la teneur en protéines brutes (azote total)

Dans un produit biologique l'azote peut se trouver sous forme minérale et organique (protéines, phospho-amino-lipides...) ; pour le doser dans sa totalité, il faut détruire les composés organiques de manière à obtenir tout l'azote sous une même forme minérale. On effectue pour cela une minéralisation. L'azote est ensuite dosé par dosage acide-base (**56**).

Après minéralisation, l'azote se trouve dans le minéralisant sous forme de NH₄⁺. Les ions ammonium du minéralisant se trouvant dans un excès d'acide sulfurique, on ne peut les doser directement. Dans un premier temps on va donc déplacer les ions ammonium du minéralisant sous forme de NH₃ (ammoniac), puis il faudra récupérer l'ammoniac seul pour pouvoir le doser à l'aide d'une solution étalonée d'acide fort. Pour isoler l'ammoniac on procède par distillation. La détermination de la teneur en protéines brutes du pollen est réalisée par la méthode de Kjeldahl (**56**).

Chapitre III- Matériel et méthodes

Le principe de la méthode est basé sur la conversion de l'azote organique en sulfate d'ammonium sous l'action de l'acide sulfurique (concentré et à chaud) en présence d'un catalyseur, et dosé par titrage, après déplacement en milieu alcalin par distillation, sous forme d'ammonium (54).

La teneur en protéines du pollen est obtenue en multipliant le taux d'azote total par le coefficient de conversion 6,25(54). On procède comme suit :

Dans un matras, est introduit 1 g de pollen et 3 à 4 g de catalyseur (sulfate de potassium). Le contenu du matras est ensuite agité et placé sur le dispositif de chauffage pendant 4 à 5 heures. On chauffe d'abord doucement en agitant de temps en temps de façon à ramener dans le fond du matras les parcelles de substances qui adhèrent aux parois. Lorsque le liquide devient vert limpide, le ballon est refroidit et obstrué pour éviter un contact éventuel avec des vapeurs ammoniacales présents dans le laboratoire.

La distillation de l'ammoniac est faite dans un distillateur automatique(VELP) : 30 à 40ml d'eau distillée sont ajoutés pour la dilution. L'alcalinisation du contenu est réalisée en introduisant 40 ml d'une solution concentrée d'hydroxyde de sodium (10 N) dans le matras.

L'ammoniac dégagé est récupéré dans une fiole contenant 25 ml d'acide borique à 4 % et l'indicateur coloré (rouge de méthyle). L'excès d'ammoniac est ensuite neutralisé par l'acide sulfurique 0,1N. La teneur en azote total est déterminée par la formule suivante :

$$N \% = V \cdot 0,0014 \cdot (100/P)$$

Où :

N % : La teneur en azote total ;

V : Volume de la solution d'acide sulfurique, utilisé pour la neutralisation de l'ammoniac ;

P : Masse de la prise d'essai ;

La teneur en protéines (Q_P) est obtenue par la formule suivante :

$$Q_P \% = N \% \cdot 6.25$$

Où :

Q_P % : la teneur en protéines ;

N % : la teneur en azote total.

III-4-5-Détermination de la teneur en lipides

La quantité de lipides est obtenue par extraction au **Soxhlet**, selon la méthode **NF EN ISO 734-1, 2000**. Le principe de la méthode est basé sur l'extraction des lipides à partir des pollens par de l'hexane au moyen de l'appareil de **Soxhlet (57)**.

L'extracteur **soxhlet** est un ingénieux dispositif en verre permettant l'extraction d'une substance. Il est principalement utilisé dans la préparation d'échantillons avant analyse, dans la détermination des matières grasses dans les plantes, les graines, les eaux, les détergents...

✓ **Fonctionnement d'un soxhlet**

Un ensemble soxhlet est constitué d'un ballon monocle, d'un réfrigérant et d'un extracteur. Ce dernier présente un système de tube permettant la vidange du réservoir dont le volume varie d'un modèle à l'autre. Le système doit être complété à l'aide d'une cartouche en cellulose, placée dans le réservoir, destinée à recevoir le composé à extraire.

Un ballon de 500 ml est séché à 105 °C pendant une heure, refroidit au dessiccateur pendant 30 mn puis, pesé à une précision de 0,0001 g. Une aliquote de pollen est triturée dans un mortier pour désagréger les pelotes et rendre plus accessible la matière grasse. 10g de pollen est introduit dans la cartouche du **Soxhlet** et placés à l'intérieur de l'extracteur. 200 ml d'hexane sont versés dans le ballon et 50 ml dans le compartiment cartouche. Le ballon est ensuite chauffé pendant 4 heures (10 siphonages par heure) jusqu'à épuisement de la matière grasse. Le solvant est éliminé du ballon par distillation, et le résidu du ballon est séché dans une étuve à 70 - 80 °C. Après refroidissement au dessiccateur pendant 30 min, le ballon contenant les lipides est pesé à 0,0001g près. L'opération est répétée jusqu'à obtention d'un poids constant.

La teneur en lipides (**MG**) des pollens est obtenue par la formule suivante :

$$\text{MG}\% = [(P_2 - P_1) \cdot 100] / P_3$$

Où :

MG% : la teneur en lipides ;

P₁ : Poids du ballon vide ;

P₂ : Poids du ballon avec la MG extraite ;

P₃ : Poids de la prise d'essai.

III-4-6-Détermination de la teneur en glucides

III-4-6-1-Extraction des glucides

L'extraction des oses et des oligosides est faite selon la méthode décrite par (58), étant des molécules hydrosolubles. On peut les extraire en les faisant passer en solution dans l'eau :

- ✓ A chaud en milieu neutre (car un milieu acide risque de provoquer des hydrolyses et un milieu basique des isomérisations).
- ✓ En présence d'éthanol (ce qui permet de neutraliser toutes les enzymes en le dénaturant).

Les oses et les oligosides sont extraits par un solvant qui doit être capable simultanément de les solubiliser et de bloquer les activités enzymatiques présentes et susceptibles de les dégrader. Selon la limite du poids moléculaire des oligosides à extraire, les mélanges éthanol/eau sont les solvants de choix. L'éthanol à 80 % est le solvant le plus utilisé car il permet d'extraire les oligosides de poids moléculaire inférieur à 2000 et de bloquer les enzymes sans altérer chimiquement les polysides présents dans le résidu (58).

Dans un tube de centrifugeuse contenant 1 g de pollen bien broyé, sont ajoutés 16 ml d'éthanol à 80 %. Le tube de centrifugeuse est adapté au réfrigérant et est porté à l'ébullition douce pendant 30 min. Il est agité de temps en temps pour éviter la formation de grumeaux. Après refroidissement, le contenu est centrifugé pendant 10 min à 5000 G. et le surnageant récupéré dans une fiole de 100 ml. L'extraction est reconduite trois fois. Le résidu est ensuite lavé 2 fois à température ambiante. Après centrifugation et décantation, le contenu est complété à 100 ml avec l'éthanol à 80 %. L'extrait obtenu est conservé à + 4 °C et utilisé pour le dosage quantitatif des sucres totaux.

III-4-6-2-Dosage des glucides totaux

En présence d'acide sulfurique concentré, les oses sont déshydratés en composés de la famille des dérivés furfuriques ($C_5H_6O_2$). Ces produits se condensent avec le phénol pour donner des complexes jaune-orangé. L'apparition de ces complexes est suivie en mesurant l'augmentation de la densité optique à 490 nm.

Dans un tube en pyrex sont déposés avec précaution, 1 ml de la solution à doser, 1 ml de la solution de phénol à 5 % et 5 ml d'acide sulfurique concentré (95 – 98 %). La solution de phénol doit être incolore, limpide au départ, et stable à température ambiante. Elle est à manipuler avec précaution. Outre le dégagement de vapeurs de phénol, sa toxicité est également due à son aptitude à être absorbé rapidement par la peau. Après homogénéisation

Chapitre III- Matériel et méthodes

douce du mélange réactionnel et refroidissement, la densité optique est mesurée à 490 nm, à l'aide d'un spectrophotomètre UV –VIS (JASCO-V- 530) (cuve de 10 mm).

Une gamme étalon de glucose dans l'intervalle 0,0 -0,2 g/l est préparée et traitée de la même manière que l'échantillon, les solutions filles sont préparées à partir d'une solution mère à 2 g/l. le tableau suivant explique la démarche à suivre.

Tableau 1: Gamme étalon pour le dosage des sucres totaux.

	T0	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
V à prélever de Sol. Glucose mère (ml)	0.0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
V H ₂ O (ml)	1.0	0.99	0.98	0.97	0.96	0.95	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90
V Sol. Phénol (ml)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
V Sol. H ₂ SO ₄ (ml)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
[glucose] g/l	0.0	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20

III-5- Formulation d'un yaourt diététique avec du pollen

Le choix s'est porté sur un yaourt étuvé supplémenté de différentes doses de pollen de trappe mono floral et multi floral, de la région de tizi ouzou (Apiculteur professionnel Mr GUECHIDA). La procédure d'incorporation du pollen a été réfléchi de manière à éviter la décantation. Pour choisir la quantité de pollen à ajouter, il fallait prendre en considération quatre facteurs :

- La dose journalière de pollen à ne pas dépasser (10g par jour).
- L'impact sur le goût et la texture (caractéristiques rhéologiques et organoleptiques du yaourt).
- L'impact sur le déroulement de la fermentation.
- L'impact sur la stabilité du produit (duré de vie).

L'incorporation a été réalisée en 2 concentrations pour chaque type de pollen.

Echantillon A : 2% de pollen mono floral.

Echantillon B : 3% de pollen mono floral.

Echantillon C : 2% de pollen multi floral.

Echantillon C : 3% de pollen multi floral.

Les formulations ont été comparées à un yaourt du commerce : Echantillon E

L'élaboration du yaourt étuvé supplémenté de pollen d'abeille est préparée en deux étapes principales :

III-5-1-Préparation du levain lactique

130g de poudre de lait à 0% sont pesés et placés dans un récipient à 2000ml avec 1000ml d'eau minérale, ce mélange est agité pendant quelques minutes. On met le contenant dans un bain-marie à 75°C jusqu'à ce que cette température atteigne le cœur du produit et on pasteurise pendant 5mn. On refroidi ensuite le liquide jusqu'à 44°C et on y ajoute 1,125g de mélange des ferments (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*).

Après l'agitation de ce mélange on mesure l'acidité par titrage. L'opération consiste à prendre 10 ml de levain, à ajouter 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine, on titre avec une solution d'hydroxyde de sodium 9 /N jusqu'à l'obtention d'une couleur rose persistante pendant quelque secondes. Le levain est maintenu dans une étuve à 44°C pendant 10h minimum, on contrôle l'acidité chaque 3 heures.

- ✓ L'acidité titrable est exprimée en degré dornic (°D)

$$\text{Acidité} = V \text{ (°D)}$$

V : volume de NaOH utilisé en ml. Chute de la burette.

Un degré dornic équivaut à un nombre correspondant au dixième de ml de soude. (N/9) nécessaire pour neutraliser 10ml de levain.

III-5-2- Incorporation du pollen

Pour chaque concentration on fait quatre essais, mettre dans un Blender 10g de pollen bien broyé et 3,45g de poudre de lait à 26% de matière grasse, on ajoute 50ml d'eau minérale chaude récemment bouillie et refroidie, une agitation est assurée pendant 5min. D'autre part préparer 51,5g de poudre de lait à 0% dans 450ml d'eau minérale chaude et bien mixer le tout, ensuite on verse ce mélange dans le blender et on remélange pendant 5min. le contenu est transféré dans un bécher et placé dans un bain-marie pour une pasteurisation à 75°C pendant 5min.

Après le traitement thermique baisser la température rapidement jusqu'à 45°C et ajouter quatre cuillères à café de levain et agiter vigoureusement pour homogénéiser le mélange. Remplir les pots à 100g de yaourt et fermer avec du papier sulfurisé, enfin mettre ces pots à l'étuve à 45°C où s'effectue la fermentation pendant 4h. Après 4h les pots sont envoyés au réfrigérateur à 0-4°C pour permettre l'arrêt de la fermentation.

III-5-3-Le teste organoleptique (Test de Friedman)

L'analyse sensorielle a été effectuée sur deux échantillons de yaourt étuvé enrichi de pollen mono et multi floral à différente concentration (C1=2%, C2=3%) et un échantillon de yaourt commercial sucré aromatisé. Le test a portées sur sept critères (couleur, odeur, texture, astringence, sucrosité, amertume, acidité).

Pour l'interprétation des résultats, nous avons utilisé le test de Friedman basé sur le calcul suivant :

$$F = \frac{12}{n * p * (p + 1)} (R_1^2 + R_2^2 + R_3^2 + \dots + R_p^2) - 3 * n * (p + 1)$$

Avec:

F : Facteur de Friedman calculé

n: nombre des sujets (dégustateurs)

p : nombre de produit

R₁, R₂, R₃ : somme des rangs calculés à partir des scores donnés aux produits par n sujets

La constante F doit être comparé à L qui est la statistique du test (valeur théorique).

L : est lu sur la table de X² à un degré de liberté de (3-1) et une probabilité de 5%.

- ✓ Si F < L : les produit sont perçus comme étant significativement identique.
- ✓ Si F > L : les produit sont perçus comme étant significativement différents.

Quand F > L, on poursuit les calculs par la comparaison entre les couples d'échantillons pour déterminer qui sont différents entre eux. Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs, la plus petite différence significative est égale à :

$$\delta = z * \sqrt{n * p * (p + 1) / 6}$$

Avec Z la valeur lue dans la table Gaussienne d'après le calcul de σ , ce dernier est calculé comme suit :

$$\sigma = \frac{2 * \sigma}{p * (p - 1)}$$

- ✓ Si $|R_i - R_j| > \delta$ les produit i et j sont perçus comme étant significativement différents.
- ✓ Si $|R_i - R_j| < \delta$ les produit i et j sont perçus comme étant significativement identique.

III-5-4-Analyse statistique

Les résultats des différentes expériences et analyses sont traités par le logiciel EXCEL 2007, en vue du calcul de la moyenne et l'écart type.

La comparaison des moyennes des groupes de résultats a été réalisée par le test ANOVA, par le logiciel SPSS 0.7.

Chapitre IV- Résultats et discussion

IV- Résultats et discussion

Ce chapitre regroupe tous les résultats de l'étude

- Résultats de l'analyse morphologique.
- Résultats de l'analyse pollinique.
- Résultats de la granulométrie.
- Résultats de l'analyse physico-chimique.

IV-1- Les résultats de l'analyse morphologique du pollen

Le tableau suivant (**Tableau 1**) résume les résultats des paramètres morphologiques mesurés sur du pollen en pelote.

Tableau 1: Longueur et largeur des pelotes du pollen multi floral et mono floral par classe de couleur

Pollen Couleur	Multi F		Mono F	
	Moyenne ± Ecart type			
	L (mm)	l (mm)	L (mm)	l (mm)
Vert	2.15±0.89 ^a	1.30±0.42 ^a	2.47±0.37 ^b	1.56±0.39 ^a
Vert claire	2.77±0.48 ^a	2.09±0.23 ^b	–	–
Vert foncé	2.80±0.61 ^a	2.09±0.39 ^b	2.23±0.40 ^b	1.64±0.51 ^a
Orange	–	–	2.46±0.50 ^b	1.39±0.53 ^a
Orange foncé	2.59±0.40 ^a	1.87±0.36 ^{ab}	–	–
Orange claire	3.03±0.38 ^a	2.44±0.43 ^b	–	–
Jaune claire	2.78±0.49 ^a	2.23±0.40 ^b	–	–
Jaune foncé	2.80±0.62 ^a	2.08±0.44 ^b	–	–
Marron	–	–	1.67±0.67 ^a	1.07±0.84 ^a
Miel	2.33±0.41 ^a	1.73±0.34 ^a	–	–
Noir	2.70±0.69 ^a	2.21±0.38 ^b	–	–

L : longueur, l : largeur, les mêmes lettres en exposant indiquent des moyennes significativement identiques à p 0.05

L'analyse statistique des groupes montre qu'en général il n'existe pas de différences significatives entre la morphologie des pelotes de différentes couleurs, ce qui conduit à penser

Chapitre IV- Résultats et discussion

que ce paramètre dépend plus du travail mécanique fait par l'abeille que des types de plantes visités et la taille des pollens collecté(6).

Une pelote fait en moyenne $2,66\pm 0,27$ mm de long et $2,00\pm 0,33$ mm de large pour le multi floral, alors qu'elle fait $2,21\pm 0,38$ mm de long et $1,42\pm 0,25$ mm de large pour le mono floral. Ceci implique que les pelotes de pollen sont des sphères aplaties.

IV-1-1-2- Poids et pourcentage massique des pelotes par couleur

Le tableau suivant (**Tableau 2**) résume les résultats des poids et pourcentage massique des pelotes du pollen classées par couleur.

Tableau 2: Poids et pourcentage des pelotes classées par couleur

Couleur	Multi F		Mono F	
	P (mg)	P en %	P (mg)	P en %
Orange foncé	84	4,0	-	-
Vert	61,8	2,1	1814	57,95
Jaune foncé	369,8	12,6	-	-
Noir	374,6	12,8	-	-
Vert clair	887,2	30,4	-	-
Jaune clair	71,9	2,5	-	-
Vert foncé	762,6	26,2	624,5	19,95
Orange clair	134,5	4,5	678,2	21,66
Couleur Miel	169,6	5,7	14,6	0,4
Pollens résiduels	1,6	0,1	1,6	0,051
Total	2917,6	100	3132,9	100

P : Poids, Multi F : pollen multi floral, Mono F : pollen mono floral

Les résultats montrent que le pollen multi floral contient au moins 9 sortes de pollens différenciées par leur couleur, avec une prévalence massique des pollens vert clair et vert foncé avec 30,4 et 26,2% respectivement, mais aucun d'eux n'ai présent à plus de 45% (chiffre adopté pour juger des miels mono floraux dans la melissopalynologie).

Le mono floral, contient au moins quatre coloris, avec une dominance des pelotes vertes qui représentent près de 60%, suivi des pelotes orange clair (21,7%) et vert foncé (près de 20%). Ces résultats seront comparés à ceux donnés par l'analyse pollinique classique donnée ci après.

Chapitre IV- Résultats et discussion

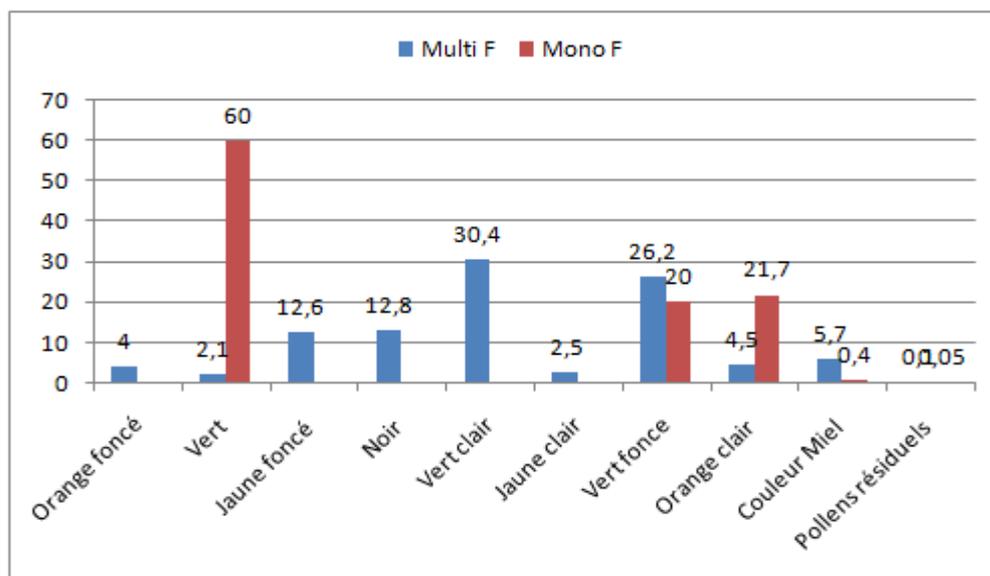


Figure 10: Classification du pollen par couleur

IV-2- Les résultats d'analyses polliniques

Le tableau suivant (**tableau9**) résume les résultats des profils polliniques du pollen multi et mono floral.

Tableau 9: Profils polliniques des pollens étudiés

Multi F.		Mono F.	
Type du pollen	pollen %	Type du pollen	Pollen %
Echium	51,17	Astéracées petite	2,27
Crucifères	21,65	Astéracées moyenne	77,95
Astéracées	10,95	Ombellifères	1,24
Citrus	3,07	Cistus	1,13
Labiés	3,07	Labiées	0,93
Cistus	1,23	Rhamnacées	0,72
Rosacées petites	1,48	Phroruise	2,17
Rosacées grandes	1,96	Olea	1,34
Rosacées très grande	1,10	Echium	5,48
Tournesol	1,96	Rosacées	1,24
Olea	1,60	Hypecoum	0,41
Hypecoum	0,73	Brassicacées	1,03
		Euchryphia	0,2
		Phacelia tanacetifolia	0,62
		Type inconnu	2,7
Total	100	Total	100

Les profils polliniques des deux échantillons montrent que le pollen dit multi floral,

Chapitre IV- Résultats et discussion

contient 12 taxons alors que le mono floral en contient près de 14 taxons. Mais en regardant la composition en% on dégage ce qui suit comme information :

- Pour le multi fleur : une prédominance du pollen d'Echium (51,2%), suivi des crucifères (21,7%) et des astéracées (11%).
- Pour le mono floral : une prédominance du pollen d'astéracées (78%), suivi d'Echium (5,5%).

I-3- Paramètre physiques et données granulométriques

Le tableau suivant (**tableau10**) résume les résultats des paramètres physiques et des données granulométriques des pollens dégraissés. Nous remarquons ici que l'analyse massique par classe de couleur rend mieux compte de l'aspect multi floral d'un pollen de trappe que l'analyse pollinique proprement dite.

Tableau 10: Paramètres physiques et données granulométriques des pollens.

Paramètres	Mono F	Multi F
D [3-2] μm	65,885	97,948
D [4-3] μm	158,491	200,841
d (10%) μm	31,312	44,261
d (50%) μm	128,954	178,633
d (90%) μm	338,270	396,105
Uniformité	0,765	0,623
Surface spécifique m^2/g	0,091	0,0613
Densité apparente (g/ ml)	0,600	0,688
Pics en % du volume total		
Mineur (%)	1,29 (5-7 μm)	/
Important (%)	36,63 (45,7-52,5 μm)	27,830 (26-100 μm)
Majeur (%)	52,22 (200-275 μm)	41,20 (200-400 μm)
La somme	90,14%	69,03%

Les informations données par les granulométries laser montrent clairement que le pollen mono floral est plus uniforme en termes de répartition granulométrique que le multi floral. Le premier présentant une uniformité de 76,5% contre 62,3% respectivement, ce qui concorde avec les résultats de l'analyse pollinique.

Chapitre IV- Résultats et discussion

La surface spécifique du mono floral est aussi plus grande que celle du multi fleur, ce qui nous pousse à déduire que la granulométrie globale est plus petite ce qui est vérifié à tous les niveaux grâce aux paramètres D10, D50, D90.

L'analyse du détail des répartitions par zone de taille montre que le mono floral uniquement présente une fraction majeure qui représente 36,63% du volume total des grains avec une granulométrie essentiellement entre 45,7 et 52,5 μm . le multi floral ne montre aucune spécificité sauf qu'il est plus dense.

Remarque : la granulométrie supérieure à 200 μm n'indique pas des pollens isolés mais plutôt des amas de pollen, ce qui rend l'interprétation des résultats plus difficile, mais elle renseigne exactement sur les formes présentes dans le pollen après traitement et donne des indications intéressantes sur le comportement futur de cette masse.

IV-4- Résultats des analyses physico-chimiques

Le tableau suivant (**tableau11**) résume les résultats des analyses physico-chimiques du pollen.

Tableau 11: Résultats d'analyse physico-chimique du pollen

Paramètres	Multi floral		Mono floral	
	Sur MH	Sur MS	MH%	MS%
Humidité (%)	14,16 \pm 0,004 ^b	-	10,51 \pm 0,003 ^a	-
Taux de cendre (%)	11,16 \pm 0,707	13,5 \pm 0,707 ^a	11,8 \pm 0,707	13,2 \pm 0,707 ^a
Acidité titrable(méq deNaOH/100g)	39 \pm 4,313	45,2 \pm 4,753 ^b	27,5 \pm 5,126	30,8 \pm 4,486 ^a
Glucides(%)	56,17 \pm 0,01	65,2 \pm 0,01 ^a	65,90 \pm 0,01	73,8 \pm 0,01 ^b
Lipides(%)	2,39 \pm 0,001	2,8 \pm 0,001 ^a	2,49 \pm 0,011	2,8 \pm 0,011 ^a
Protéines (%)	19,25 \pm 2,824	22,3 \pm 2.828 ^a	19,68 \pm 2,651	22,0 \pm 2,651 ^a

La teneur en eau est un paramètre important pour la conservation des aliments, pour le pollen multi floral et mono floral elle représente respectivement (14,16% \pm 0,004) et (10,51% \pm 0,003), cette teneur indique que c'est un pollen traité par séchage. En effet, le pollen

Chapitre IV- Résultats et discussion

frais contient en général une humidité variant entre 18 et 30% (54). Ce qui pousse les apiculteurs à appliquer des procédés de conservation tel que la conservation par le séchage.

Les résultats d'analyses obtenues suggèrent que l'acidité titrable du pollen frais étudié varie d'un type à un autre. Le pollen multi-floral a présenté un taux d'acidité de (39meq /100g), supérieur à celui donné par le pollen mono-floral (27,5meq/100g). Ceci est dû à plusieurs facteurs dont l'origine florale des nectars mélangés au pollen, l'activité enzymatique présente et la nature des nutriments composant ces derniers, le vieillissement participe aussi à l'apparition des espèces acides surtout dans les milieux humides(54).

Le pourcentage en cendre des pollens frais varie selon leur type, le pollen Multi floral étudié en contient à raison de (11,16%±0,707), alors que le Mono floral en contient (11,8%±0,707). Le taux de cendre du pollen frais récolté par les abeilles est généralement situé à environ 5 % du poids de pollen. Les échantillons récoltés ici sont jugés plutôt riches en minéraux, ceci dit il faut prendre en considération que la masse étudiée a été séchée (52).

Les résultats obtenus montrent que le pollen frais est riche en lipide, mais la teneur en lipide varie selon le type d'échantillon. Le mono floral a présenté une teneur en lipide de (2,49%±0,011) qui est légèrement supérieure à celle du multi-floral (2,39%±0,001). Les lipides peuvent varier d'une façon très importante d'une origine florale à une autre, les auteurs parlent de taux entre 1 et 20%, dont une grande partie d'acides gras essentiels (52), les échantillons étudiés sont peu riches quantitativement mais peuvent apporter des acides gras nécessaires au développement par leur profil qualitatif.

Le pollen des deux types est très riche en sucres, le multi floral contient environ de (56,17%±0,01) et le mono floral en contient (65,90%±0,01). Il est admis que le pollen récolté par les abeilles contient toujours une grande quantité de sucre réducteur issu du miel ou du nectar se trouvant dans le fluide cimentant les grains de pollen lors de la récolte par les abeilles. Le pollen contient entre 20 et 40% de sucres réducteurs (glucose, fructose, maltose) et entre 0 et 20% de sucres non réducteurs (saccharose) (55).

La quantification des protéines montre que le pollen Mono-floral contient une quantité de protéines (19,68%±2,65) comparable à celle du pollen Multi floral (19,25%±2,82). Les protéines constituent en général près d'un quart de la masse du pollen, ils fournissent une quantité significative d'acides aminés essentiels que l'organisme humain ne peut pas produire (55). Selon la provenance du pollen, la teneur peut varier de 11 à 35% (55). Le pollen contient 20 des 27 acides aminés essentiels à l'organisme, tel que : arginine, histidine, leucine, isoleucine, lysine, méthionine, phénylalanine, thréonine, tryptophane, valine. Sa concentration

Chapitre IV- Résultats et discussion

est 5 à 7 fois supérieure à celle de la viande (52). Les pollens étudiés sont moyennement riches en protéines.

D'après les résultats de la physico-chimie, les deux types de pollen sont des matières de valeur nutritionnelle intéressante, apportant aussi bien des glucides, des lipides, des protéines et des minéraux, ce qui en fait un supplément alimentaire de qualité.

IV-5- Test organoleptique des formulations yaourt/pollen (test de Friedman)

IV-5-1-Défauts visuels après la fermentation

Tableau 12 : Résultats visuel après la fermentation

Produit	A	B	C	D	E
Défaut de fermentation	-	-	+	++	-
Défaut de décantation	+	++	-	-	-
Changements de couleur	-	-	-	-	-

- : Aucun défaut

+ : Défaut léger

++ : Défaut majeur

Les produits A, B et C présentent une bonne fermentation, le produit D par contre présente une séparation en deux couches.

Les produits A et B présentent une couleur blanche, et les produits C et D présentent une couleur jaune acceptable.

Le produit B présente des défauts de décantation dans des parti du pollen, suivi du produit A avec une légère décantation de pollen mais il est acceptable par rapport au produit B.

IV-5-2- Test de dégustation des Formulations yaourt /pollen

On a effectué l'analyse sensorielle sur 5 produits à différentes concentrations de pollen des deux types, à savoir : le produit « A » yaourt avec 2% du pollen mono floral ; le « B » avec 3% de mono floral ; le «C» avec 2% de multi floral ; le « D » avec 3% de multi floral et finalement le « E » un témoin ne contenant pas de pollen c.-à-d. yaourt sucré aromatisé industriel.

Chapitre IV- Résultats et discussion

Les résultats des classements des différents critères étudiés ainsi que la somme des rangs par produit de l'ensemble des sujets ont été déterminés.

Pour l'interprétation des résultats obtenus nous avons utilisé le test de Friedman basé sur le calcul de F.

Tableau 13: Paramètres statistiques pour le test de Friedman.

Critères Paramètres	Couleur	L'odeur	Texture	Astringence	Sucrosité	Amertume	L'acidité
F	29,96	46,07	32,22	9,34	25,02	16,05	19,80
L	9,49						
α	0,005						
Z	2,80						
δ	34,29						

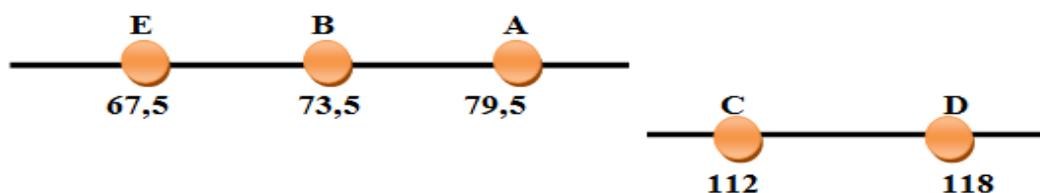
A- Critère couleur

Pour le critère couleur $F > L$ ça implique que les produits sont perçus comme étant significativement différents. Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs.

Tableau 14: Résultats de la comparaison des formulations pour le critère couleur

$R_i - R_{jt}$	Valeur	Par rapport à δ	Remarque
$R_A - R_B$	6	<	Significativement identique
$R_A - R_C$	32,5	<	Significativement identique
$R_A - R_D$	38,5	>	Significativement différent
$R_A - R_E$	12	<	Significativement identique
$R_B - R_C$	38,5	>	Significativement différent
$R_B - R_D$	44,5	>	Significativement différent
$R_B - R_E$	6	<	Significativement identique
$R_C - R_D$	6	<	Significativement identique
$R_C - R_E$	44,5	>	Significativement différent
$R_D - R_E$	50,5	>	Significativement différent

On obtient le classement suivant



Chapitre IV- Résultats et discussion

La formulation codée E (témoin) est la plus appréciée par les dégustateurs, suivie du produit B et A contenant le pollen mono floral qui a une coloration plutôt neutre.

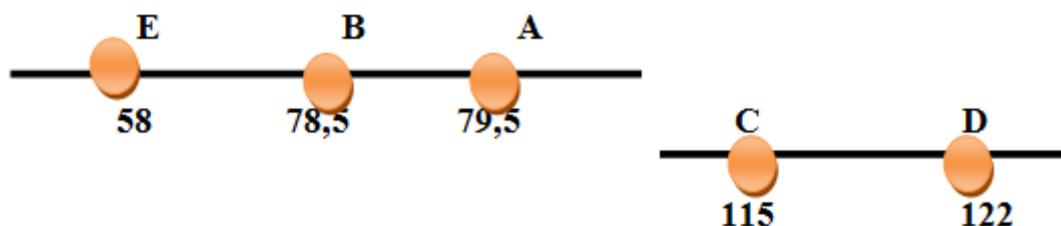
B- Critère odeur

Pour le critère odeur le $F > L$, les produits sont perçus comme étant significativement différents. Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs.

Tableau 15 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère odeur

$R_i - R_{jt}$	Valeur	Par rapport à δ	Remarque
$R_A - R_B$	1	<	Significativement identique
$R_A - R_C$	35,5	>	Significativement différent
$R_A - R_D$	42,5	>	Significativement différent
$R_A - R_E$	21,5	<	Significativement identique
$R_B - R_C$	36,5	>	Significativement différent
$R_B - R_D$	43,5	>	Significativement différent
$R_B - R_E$	20,5	<	Significativement identique
$R_C - R_D$	7	<	Significativement identique
$R_C - R_E$	57	>	Significativement différent
$R_D - R_E$	64	>	Significativement différent

On obtient le classement suivant



La formulation codée E est la plus appréciée par les dégustateurs suivie des produits à base de pollen mono floral.

C- Critère texture

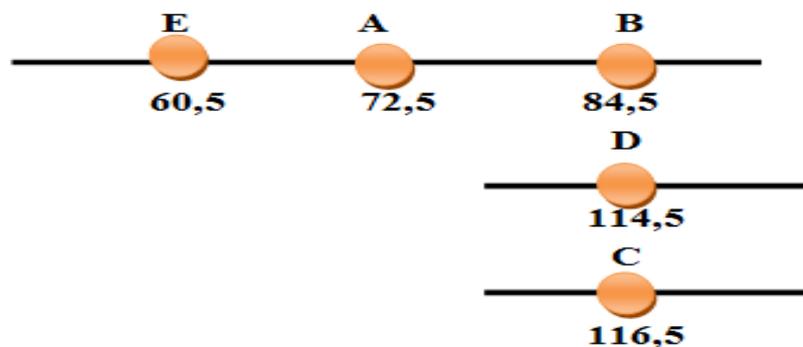
Pour le critère texture le $F > L$, les produits sont perçus comme étant significativement différents. Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs.

Chapitre IV- Résultats et discussion

Tableau 16 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère texture

$R_i - R_{it}$	Valeur	Par rapport à δ	Remarque
$R_A - R_B$	12	<	Significativement identique
$R_A - R_C$	43,5	>	Significativement différent
$R_A - R_D$	42	>	Significativement différent
$R_A - R_E$	12	<	Significativement identique
$R_B - R_C$	31,5	<	Significativement identique
$R_B - R_D$	30	<	Significativement identique
$R_B - R_E$	24	<	Significativement identique
$R_C - R_D$	1,5	<	Significativement identique
$R_C - R_E$	55,5	>	Significativement différent
$R_D - R_E$	54	>	Significativement différent

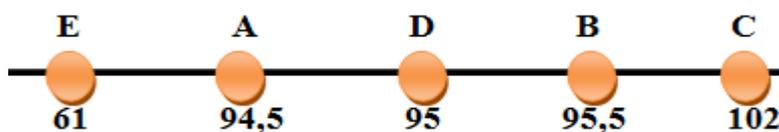
On obtient le classement suivant



La formulation codée E est la plus appréciée par les dégustateurs suivie des produits A et B.

D- Critère astringence

Pour le critère astringence le $F < L$ donc les 5 produits sont perçus comme étant significativement identiques. D'après les résultats des rangs on obtient le classement suivant



Donc de point de vue astringence le E est plus appréciée suivi du A et du D.

E- Sucrosité

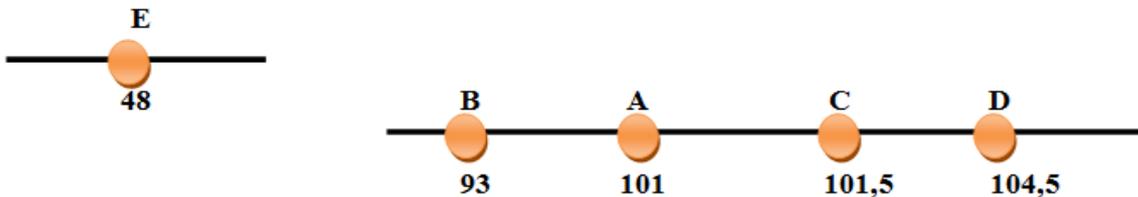
Pour le critère sucrosité le $F > L$, les produits sont perçus comme étant significativement différents. Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs.

Chapitre IV- Résultats et discussion

Tableau 17 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère sucrosité

$R_i - R_{jt}$	Valeur	Par rapport à δ	Remarque
$R_A - R_B$	8	<	Significativement identique
$R_A - R_C$	3,5	<	Significativement identique
$R_A - R_D$	0,5	<	Significativement identique
$R_A - R_E$	53	>	Significativement différent
$R_B - R_C$	11,5	<	Significativement identique
$R_B - R_D$	8,5	<	Significativement identique
$R_B - R_E$	45	>	Significativement différent
$R_C - R_D$	3	<	Significativement identique
$R_C - R_E$	56,5	>	Significativement différent
$R_D - R_E$	53,5	>	Significativement différent

On obtient le classement suivant



La formulation codée E est la plus appréciée par les dégustateurs car elle contient du sucre ajouté, suivie du produit B et A.

F- Critère amertume

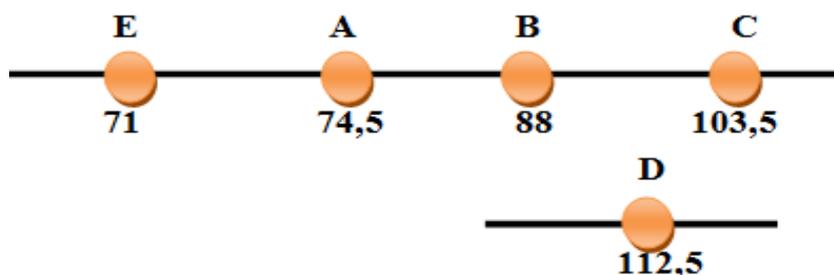
Pour le critère amertume le $F > L$, les produits sont perçus comme étant significativement différents. Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs.

Tableau 18 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère amertume

$R_i - R_{jt}$	Valeur	Par rapport à δ	Remarque
$R_A - R_B$	13,5	<	Significativement identique
$R_A - R_C$	29	<	Significativement identique
$R_A - R_D$	38	>	Significativement différent
$R_A - R_E$	3,5	<	Significativement identique
$R_B - R_C$	15,5	<	Significativement identique
$R_B - R_D$	24,5	<	Significativement identique
$R_B - R_E$	17	<	Significativement identique
$R_C - R_D$	9	<	Significativement identique
$R_C - R_E$	32,5	<	Significativement identique
$R_D - R_E$	41,5	>	Significativement différent

On obtient le classement suivant

Chapitre IV- Résultats et discussion



La formulation codée E est la plus appréciée par les dégustateurs, et le produit D est jugé le plus mauvais.

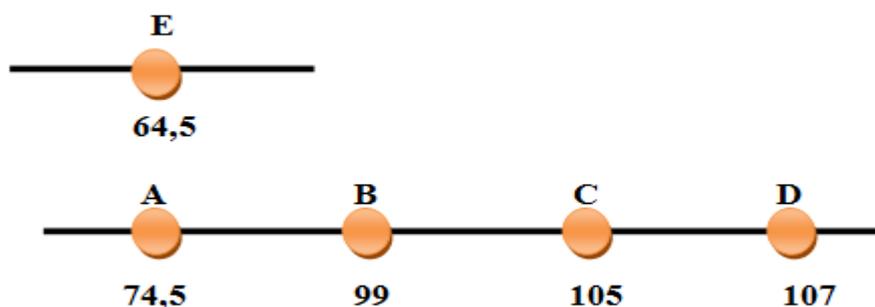
G- L'acidité

Pour le critère acidité le $F > L$, les produits sont perçus comme étant significativement différents. Pour cela on effectue un test de comparaison multiple des sommes des rangs.

Tableau 19 : Résultats de la comparaison des formulations pour le critère acidité

$R_i - R_{jt}$	Valeur	Par rapport à δ	Remarque
$R_A - R_B$	24,5	<	Significativement identique
$R_A - R_C$	30,5	<	Significativement identique
$R_A - R_D$	32,5	<	Significativement identique
$R_A - R_E$	10	<	Significativement identique
$R_B - R_C$	6	<	Significativement identique
$R_B - R_D$	8	<	Significativement identique
$R_B - R_E$	34,5	>	Significativement différent
$R_C - R_D$	2	<	Significativement identique
$R_C - R_E$	40,5	>	Significativement différent
$R_D - R_E$	42,5	>	Significativement différent

On obtient le classement suivant



La formulation codée E est la plus appréciée par les dégustateurs, suivie du A et du B.

Conclusion du test

Par comparaison a un produit sucré aromatisé, les yaourts nature supplémentés de pollen sont moins appréciés car très différents des produit actuellement mis à la disposition du consommateur, mais les formulations à base de pollen mono floral ont trouvé une bonne

Chapitre IV- Résultats et discussion

acceptabilité en tout point de vue spécialement le produit A, suivi su produit B et ceci malgré un léger défaut de décantation.

Conclusion

Conclusion

Ce travail porte sur la formulation d'un yaourt diététique enrichi par du pollen de trappe qui va apporter des éléments nutritifs ainsi qu'un pouvoir antioxydant, complémentaire agissant directement sur la santé du consommateur.

Les résultats des analyses physiques (morphologique, pollinique et granulométrique) et des analyses physico-chimiques des pollens étudiés montrent qu'au de la du fait que ce produit de la ruche est très particulier dans sa morphologie et sa présentation, il peut être assimilé aux poudres alimentaires. La comparaison des techniques classiques de l'analyse pollinique, et de la classification des pelotes par couleur montrent que cette dernière rend parfaitement compte de l'aspect mono ou multi floral d'un pollen de trappe, les multi floraux présentant beaucoup plus de colories.

Les résultats des analyses polliniques concordent avec les informations données par la granulométrie et montrent que le pollen mono floral est plus uniforme en termes de répartition granulométrique que le multi floral étant constitué essentiellement d'une même espèce florale. Mais l'analyse granulométrique nous donne encore plus d'indications quant aux populations granulométriques présentes après broyage des pelotes, elle montre une fraction supérieur à 200 μ m, des amas de grains de pollen pouvant sédimenter lors de l'incorporation.

Les résultats d'analyses physico-chimiques du pollen montrent que le pollen étudié est riche en sucre totaux, en protéine, en lipide, et possède une bonne valeur nutritive. Les deux types étudiés présentaient la même composition globale avec une plus grande richesse du mono floral en glucides, alors que le multi floral était plus riche en entités acides libres. Mais les deux types étaient équivalents du point de vu quantitatif.

La démarche de réduction de la taille des pelotes et de leur incorporation sous forme d'émulsion (avec la poudre de lait à 26% de matière grasse), a donné de bons résultats quant à l'élimination partielle à totale de la sédimentation des pollens, mais le phénomène est tributaire du type de pollen traité.

Le test sensoriel portant sur l'évaluation de la couleur, d'odeur, de la texture, l'astringence, la sucrosité, l'amertume et l'acidité, et l'analyse statistique des résultats par le test de FREADMAN, nous ont permis de conclure que la dose optimale de pollen à ajouter est de 2% , le produit A présentant de bonnes caractéristiques visuelles (couleur, texture) malgré de légers défauts de sédimentation, ce qui n'est pas le cas de la formulation C, qui a été moins

Conclusion

bien classé par les dégustateurs mais qui est homogène et sans défauts apparents, le gout et la couleur jaunâtre étant des facteurs limitant dans ce cas.

Comme perspective à ce travail il serait intéressant d'étudier le comportement des pollens dans les milieux liquides et ceci pour expliquer les phénomènes de décantation.

L'incorporation après émulsification ayant résolu une partie du problème, il serait intéressant d'explorer d'autres méthodes tel que la micro-encapsulation.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- (1) **DANY, 1983.** La récolte moderne du pollen. Apicole. Européennes apicoles. Paris.
 - (2) www.ruche.ooreka.fr/fiche/voir/256017/bien-utiliser-le-pollen-d-abeilles.
 - (3) **NICOLSON S.W., ET AL 2011.** Bee food: the chemistry and nutritional value of nectar, pollen and mixtures of the two.
 - (4) **CHERBULIEZ, 2001.** Apithérapie, CD Rom conçu par la société APIMONDIA ET anonyme API-AR International à Bruxelles (Belgique).
 - (5) **ROULSTON, 2000a.** What governs protein content of pollen: pollinator preferences, pollen – pistil interaction, or phylogeny. Ecological Monographs, v. 70, p.617-643.
 - (6) **JANINE PAIN., ET AL 1996.** Recherche biochimique et physiologie sur les pollens emmagasinés par les abeilles.
 - (7) **KRASSILOV 2007 et ANDRADA 2005.** Pollen eaters and pollen morphology: co evolution through the Permian and Mesozoic. African invertebrates, v 48 (1), p.3-11.
 - (8) **DUSTMAN, 1993.** Scanning electron microscopic studies on pollen from honey. Surface pattern of *Sapium Sebiferum* and *Euphorbia* spp (Euphorbiaceae). Apidologie, v. 24, p. 59-66.
 - (9) **DOBSON, 2000.** The ecology and evolution of pollen odors. Plant systematic and evolution, v.222, p.1-4.
 - (10) **S.MEYER., ET AL 2004.** Gamétophytes. P2.
 - (11) **KARL VON FRISCH, 1989.** La colonie d'abeilles ressemble à une fontaine magique, plus on y puise, plus il en coule
 - (12) **WEINER C. N., ET AL 2010.** Pollen amino acids and flower specialization in solitary bees.
 - (13) **COMPOS, 2008.** Pollen composition and analytical methods. Journal of Apicultural Research and Bee World, v.47 (2), p.154-161.
 - (14) **GILLIAN, 1989.** Microbiology of pollen and bee bread: taxonomy and enzymology of molds. Apidologie v. 20, p 53-68.
 - (15) **J.P .SUC ., ET AL 2003 :** pollen généralités.
-

Références bibliographiques

- (16) **MONNIER SAMIEL., ET AL1997.** [Développement durable note de synthèse pollution pollen et pollinoses.](#) p1
- (17) **GILLIAN, 1979a ET 1979b.** Microbiology of pollen and bee bread: The Genus Bacillus. Apidologie, v. 10, (3), p 269-2274. ET the Yeasts. Apidologie. V.10 (1), p. 43-53.
- (18) www.cfaitmaison.com/sante/pollen.html.
- (19) **BOGDANOV, 2004.** Quality and standards of pollen and Beeswax. APLACTA, v. 38, P 334-341.
- (20) www.apiculture.com/abeille-de-france/articles/pollen_frais.html.
- . (21) **CH. GAUTHIER, 1997.** La récolte du pollen : un débouché supplémentaire à la portée de tous
- (22) **RICCIARDELLI, 1998.** Mediterranean Melissopalynology, Università degli studi Perugia, p.466.
- (23) **ALLMARAZ-ABARCA, 2007.** Antioxidant activity of polyphenolic extract of monofloral honeybeecollected pollen from mesquite (prosopis juliflora, leguminosae) journal of food composition and analysis, v. 20, p. 119-124.
- (24) **ACCOLAS J.P, 1979.** Microbiologie et industrie alimentaires, **v.4, Ed.** TEC et DOC Apria.
- (25) **PIERRE BLAZY, El-Aïd JDID, JEAN-LUC BERSILLON 1999.** Théorie de la sédimentation.
- (26) **BOGDANOV, 2004.** Quality and standards of pollen and Beeswax. APLACTA, v. 38, P 334-341.
- (27) **FERFERA 1991:** Etude des propriétés physico-chimique des miels. Mémoire d'ingénieur de l'école nationale agronomique d'el harrache.
- (28) **AFNOR 1999.** Lait et produits laitiers, v.1, Ed. Technique et documentation,
- (29) [www.source id chrome instant ion sédimentation définition.](#)
- (30) **MICHEL MAHANT ET AL., 2000.** Les produits industriels laitiers. Ed. Lavoisier. P. 27-31.
-

Références bibliographiques

- (31) **LAMOUREUX, 2000.** Exploitation de l'activité β . Galactosidase de culture de bifidobacteries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides.
- (32) **ROMAIN JEANTET ET AL., 2007.** Science des aliments (biochimie, microbiologie, procédés, produits), Technologie des produits alimentaires, v.2, p. 7-31.
- (33) [www.produits-laitiers.com.les-yaourts](http://www.produits-laitiers.com/les-yaourts).
- (34) **MENABENI RENZO, 1988.** Manuel de technologie pour la fabrication du yaourt. P.2-36.
- (35) **FRANCOIS M LUQUET, 1986.** Laits et produits laitiers vache-chèvre, v. 3. P.109.
- (36) **BRULE GSCHULE, 2000.** Les produits industriels laitiers.
- (37) **VIGNOLA, C.I., 2002.** Sciences et technologies du lait, transformation du lait, EdL voisiez, paris, P600.
- (38) **LOONES, A.1994.** Laits fermentés par les bactéries lactiques. In Bactéries lactique : aspects fondamentaux et technologiques. Vol 2. De **ROISSART, H.** et **LUQUET, F. M** (Eds), Lorica, Uriage, 135-154.
- (39) **BOUDIER, J. F.190.** Produits frais. In laits et produits laitiers. Vache-brebis-chèvre. **LUQUET, F.M.** (Eds), Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, 35-66.
- (40) **TAMIME, AY. ROBINSON, RK.1985.** Background to manufacturing Patrice.in yoghurt. Science and technologic. Tamime ;Perganon press,Paris,7-90
- (41) **VAN MARLE, M.1998.** Structure and rheological properties of yoghurts. These. University of twenty, Enscheda, Pays Bas.
- (42) **COCOLE ET VIGNOLA, 2002.** Science et technologie du lait (transformation du lait, p. 451-458.).
- (43) **IMHOF, F., GLATTLI, H. ET BOSSET, J.O.1994.** Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. Lebensmittel Wissenschaft and technology, 27, 442-449.
-

Références bibliographiques

- (44) **OTT, A. FAY, L.B.et CHAINTREAU, A.1997.** Determination and origin of the aroma impact compounds of yoghurt flavor. Journal of Agricultural and Food chemistry, 45, 850-858.
- (45) **CERNING, J.BUILLANCE, C et LANDON, M 1990.** Comparaison of exocellular polysaccharide production by thermophilic lactic acid bacteria. Science des aliments, 10, 443-451.
- (46) **CIQUAL, 1995.** Les compositions des aliments. P 25-30.
- (47) **Mohamed RIGHI, 2006.** Microorganismes en action : le yaourt, PISTES, FSE, Université Laval, 2006
- (48) [www.apaqw.be/Productions,Les autres produits laitiers, Les types de yaourt.](http://www.apaqw.be/Productions,Les%20autres%20produits%20laitiers,Les%20types%20de%20yaourt.)
- (49) **JOHN LUPIEN, 1995.** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.
- (50) **SCHODA, P. HECHLER, A.HINRICHS, J.2001.** Influence of the protein content on structural characteristics of stirred fermented milks milchuissechaft, 56, 19-22.
- (51) **SARRA-BONVELI ET AL., 1997.** Nutrient composition and Microbiological Quality of honeybee – collected pollen in Spain. V.45, P.725-732.
- (52) **AMELLAL NEE CHIBANE HAYET, 2007, 2008.** Aptitude technologique de quelque variété commune de datte, formulation d'un yaourt naturellement sucré et aromatisé.
- (53) **AFNOR 1982.** Recueil de norme françaises des produits dérivés des fruits et légumes jus de fruits. Ed. AFNOR.
- (54) **BERGAMAIRE D, 2002.** Production de polysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de lactobacillus rhamnus RW-959 M dans un milieu à base de permet de lactosirum p24-244.
- (55) **AFNOR 1986.** Lait et produits laitiers, méthode d'analyse recueil de normalisation française 2 éd, Masson Paris. P508.
- (56) **MARTIN., ET AL, 2006.** Harmonized methods of melissopalimology 35 S 18- S 25.
- (57) **GOODON 1997.** Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Tec ET Doc. Lavoisier Paris. P346-354.
-

Références bibliographiques

(58) **HUMAN., ET AL, 2006.** Nutritional content of fresh, bee-collected and stored pollen of aloe *greatheadii* var. *davyana*. *Photochemistry*, v.67, p. 1486-1492.

Annexes

ANNEXE-1

Tableau 1 : Résultats Longueur et largeur des pelotes de pollen multi florale par couleur

Couleur	Longueurs (mm)	Largeur (mm)
Orange foncé	1) 2,8 2) 2,5 3) 3,4 4) 3,2 5) 2,2 6) 2,9 7) 2,4 8) 2,1 9) 2,4 10) 2,4	1) 1,2 2) 2,2 3) 2,2 4) 2,2 5) 1,8 6) 1,9 7) 1,9 8) 1,4 9) 1,7 10) 2,2
Vert	1) 2,4 2) 1,4 3) 3,9 4) 2,4 5) 3,2 6) 2,4 7) 1,2 8) 1,9 9) 1,4 10) 1,3	1) 1,6 2) 1,2 3) 2,3 4) 1,2 5) 1,4 6) 1,3 7) 0,9 8) 1,3 9) 0,9 10) 0,9
Jaune fonce	1) 2,2 2) 2,2 3) 2,7 4) 3,2 5) 3,4 6) 2,7 7) 3,2 8) 3,9 9) 2,6 10) 1,9	1) 1,5 2) 1,7 3) 2,1 4) 2,2 5) 2,9 6) 1,9 7) 2,7 8) 2,2 9) 1,9 10) 1,7
Noir	1) 3,9 2) 2,2 3) 1,8 4) 2,2 5) 2,7 6) 2,4 7) 3,7 8) 3,1 9) 2,8 10) 2,2 1) 3,9 2) 2,4 3) 2,9	11) 2,1 12) 2,2 13) 1,6 14) 1,8 15) 2,2 16) 2,1 17) 2,4 18) 2,9 19) 2,7 20) 2,1 1) 2,1 2) 1,6 3) 2,2
Vert claire	4) 2,6 5) 2,4	4) 2,2 5) 2,2

Annexes

	6) 2,9 7) 3,2 8) 2,4 9) 2,4 10) 2,6	6) 2,2 7) 2,4 8) 1,9 9) 2,2 10) 1,9
Jaune claire	1) 2,5 2) 2,3 3) 2,3 4) 2,9 5) 2,3 6) 3,4 7) 3,6 8) 2,4 9) 2,9 10) 3,2	1) 2,2 2) 2,2 3) 2,3 4) 2,7 5) 2,3 6) 2,6 7) 2,2 8) 2,2 9) 2,4 10) 1,2
Vert foncé	1) 2,2 2) 3,2 3) 2,6 4) 3,2 5) 3,4 6) 1,9 7) 3,9 8) 2,6 9) 2,6 10) 2,4	1) 1,9 2) 2,4 3) 1,7 4) 2,2 5) 2,5 6) 1,7 7) 2,4 8) 1,4 9) 2,5 10) 2,2
Orange claire	1) 3,4 2) 2,9 3) 3,1 4) 2,8 5) 2,9 6) 2,9 7) 3,4 8) 2,4 9) 2,8 10) 3,7	1) 2,2 2) 2,4 3) 2,9 4) 2,4 5) 2,9 6) 2,4 7) 2,6 8) 1,4 9) 2,6 10) 2,6
Miel	1) 2,3 2) 2,9 3) 2,4 4) 2,8 5) 2,5 6) 2,4 7) 2,5 8) 2,1 9) 1,5 10) 1,9	1) 1,9 2) 1,8 3) 1,9 4) 2,1 5) 2,2 6) 1,7 7) 1,2 8) 1,5 9) 1,2 10) 1,8

Annexes

ANNEXE-2

Tableau 2 : longueur et la largeur des pelotes mono florale par couleur

Couleur	Longueur (mm)	Largeur (mm)
Vert	1) 2,7 2) 2,6 3) 2,3 4) 2,5 5) 3,1 6) 2,2 7) 2,7 8) 2,7 9) 2,1 10) 1,8	1) 1,8 2) 1,7 3) 2,0 4) 1,6 5) 2,0 6) 1,6 7) 1,7 8) 0,9 9) 1,4 10) 0,9
Orange	1) 3,3 2) 2,5 3) 2,9 4) 2,2 5) 2,5 6) 1,6 7) 2,5 8) 2,2	1) 1,7 2) 1,9 3) 1,4 4) 0,8 5) 1,6 6) 0,4 7) 1,4 8) 1,9
Vert foncé	1) 2,5 2) 2,1 3) 1,7 4) 3,1 5) 2,1 6) 2,1 7) 2,4 8) 2,0 9) 2,1	1) 1,7 2) 1,4 3) 1,7 4) 2,2 5) 1,9 6) 1,4 7) 0,9 8) 1,1 9) 2,5
Marron	1) 2,0 2) 2,1 3) 0,9	1) 1,6 2) 1,5 3) 0,1

Annexes

ANNEXE-3

Tableau 3 : Poids et leur pourcentage des pelotes de pollen multi floral selon la couleur

Couleur	Le poids (mg)	Le pourcentage %
Orange foncé	84.0	4
Vert	61.8	2.12
Jaune foncé	369.8	12.7
Noir	374.6	12.87
Vert clairé	887.2	30.38
Jaune clairé	71.9	2.47
Vert fonce	762.6	26.20
Orange clairé	134.5	4.62
Couleur Miel	169.6	5.82
Pollens résiduels	1.6	0.054

ANNEXE-4

Tableau 4: Poids et leur pourcentage des pelotes de pollen mono floral selon la couleur

Couleur	Poids (mg)	Le pourcentage %
Vert	1814	57.95
Orange	678.2	21.66
Vert foncé	624.5	19.95
Marron	14.6	0.40
Pollen résiduel	1.6	0.051

ANNEXE-5

Tableau 5 : la quantité d'eau perdu par le temps

	P ₁	P ₂
180	36,1973	37,8391
30	36,1937	37,8344
30	36,1894	37,8324
30	36,1861	37,8294
30	36,1861	37,8293
30	36,1861	37,8293

ANNEXE-6

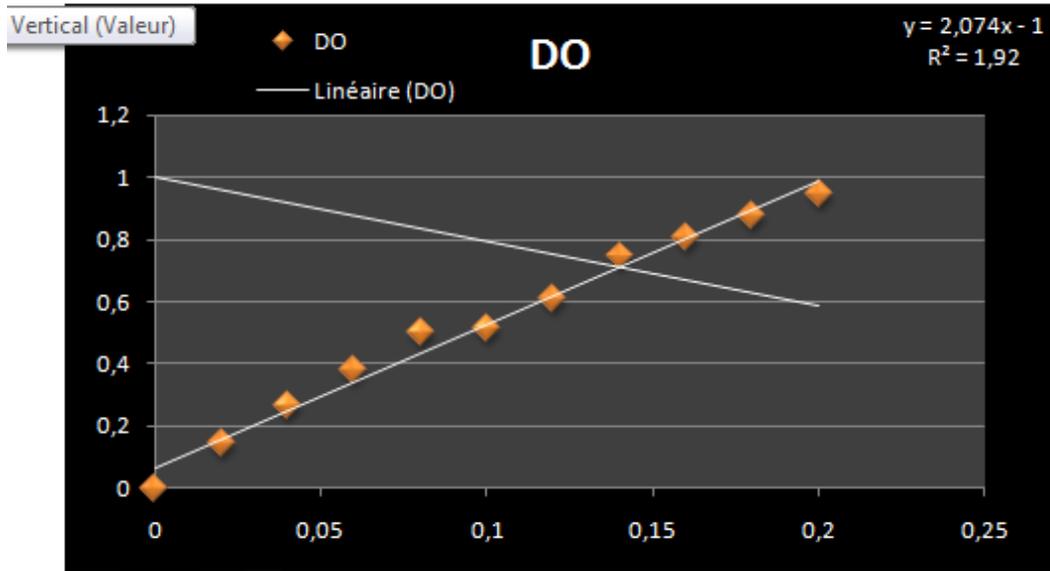


Figure 1 : Courbe d'étalonnage des sucres totaux

Annexes

ANNEXE-7

Tableau 6 : table de gaussienne

Tables of the Normal Distribution



Probability Content from $-\infty$ to Z

Z	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
0.0	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.1	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.2	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.3	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.4	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.5	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.6	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.7	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.8	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
0.9	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.0	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.1	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.2	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.3	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.4	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9279	0.9292	0.9306	0.9319
1.5	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.6	0.9452	0.9463	0.9474	0.9484	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.7	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.8	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
1.9	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9750	0.9756	0.9761	0.9767
2.0	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.1	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.2	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.3	0.9893	0.9896	0.9898	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.4	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.5	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.6	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.7	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.8	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
2.9	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.0	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990

Annexes

ANNEXE-8

Tableau 7 : Table de Khi χ^2

χ^2	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$	$\alpha = 0.001$
1	3.84	6.64	10.83
2	5.99	9.21	13.82
3	7.82	11.35	16.27
4	9.49	13.28	18.47
5	11.07	15.09	20.52
6	12.59	16.81	22.46
7	14.07	18.48	24.32
8	15.51	20.09	26.13
9	16.92	21.67	27.88
10	18.31	23.21	29.59
11	19.68	24.73	31.26
12	21.03	26.22	32.91
13	22.36	27.69	34.53
14	23.69	29.14	36.12
15	25.00	30.58	37.70
16	26.30	32.00	39.25
17	27.59	33.41	40.79
18	28.87	34.81	42.31
19	30.14	36.19	43.82
20	31.41	37.57	45.32
21	32.67	38.93	46.80
22	33.92	40.29	48.27
23	35.17	41.64	49.73
24	36.42	42.98	51.18
25	37.65	44.31	52.62
26	38.89	45.64	54.05
27	40.11	46.96	55.48
28	41.34	48.28	56.89
29	42.56	49.59	58.30
30	43.77	50.89	59.70

Annexes

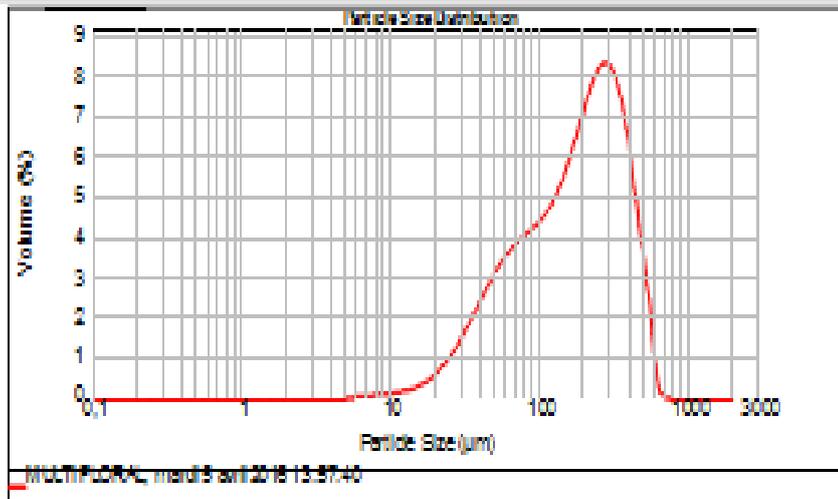
ANNEXE-9

Résultats d'analyse granulométrique de la poudre de pollen multi floral



Result Analysis Report

Sample Name: MULTI FLORAL	SCP Name:	Measured: mardi 5 avril 2016 13:57:40	
Sample Source & type:	Measured by: Innc	Analyzed: mardi 5 avril 2016 13:57:41	
Sample bulk lot ref: G104/2016	Result Source: Measurement		
Particle Name: DEFAULT	Accessory Name: Scirocco 2000 (A)	Analysis mode: General purpose	Sensitivity: Normal
Particle Rt: 1,200	Absorption: 1	Size range: 0,020 to 2000,000 um	Obscuration: 1,43 %
Dispersion Name: Dry dispersion	Dispersion Rt: 1,000	Weighted Residual: 0,122 %	Result Emulation: Off
Concentration: 0,0049 %/vol	Span: 1,670	Uniformity: 0,029	Result unit: Volume
Specific Surface Area: 0,0019 m ² /g	Surface Weighted Mean D[3,0]: 87,868 um	Vol. Weighted Mean D[0,1]: 200,841 um	
d(0,1): 11,301 um	d(0,5): 170,622 um	d(0,9): 266,102 um	



Bin (um)	Volume (%)	Bin (um)	Volume (%)								
0,010	0,00	0,020	0,00	1,000	0,00	11,000	0,10	100,000	0,00	1000,000	0,00
0,011	0,00	0,022	0,00	1,100	0,00	12,100	0,10	110,000	0,00	1100,000	0,00
0,012	0,00	0,024	0,00	1,200	0,00	13,200	0,10	120,000	0,00	1200,000	0,00
0,013	0,00	0,026	0,00	1,300	0,00	14,300	0,10	130,000	0,00	1300,000	0,00
0,014	0,00	0,028	0,00	1,400	0,00	15,400	0,10	140,000	0,00	1400,000	0,00
0,015	0,00	0,030	0,00	1,500	0,00	16,500	0,10	150,000	0,00	1500,000	0,00
0,016	0,00	0,032	0,00	1,600	0,00	17,600	0,10	160,000	0,00	1600,000	0,00
0,017	0,00	0,034	0,00	1,700	0,00	18,700	0,10	170,000	0,00	1700,000	0,00
0,018	0,00	0,036	0,00	1,800	0,00	19,800	0,10	180,000	0,00	1800,000	0,00
0,019	0,00	0,038	0,00	1,900	0,00	20,900	0,10	190,000	0,00	1900,000	0,00
0,020	0,00	0,040	0,00	2,000	0,00	22,000	0,10	200,000	0,00	2000,000	0,00
0,022	0,00	0,044	0,00	2,200	0,00	24,200	0,10	220,000	0,00	2200,000	0,00
0,024	0,00	0,048	0,00	2,400	0,00	26,400	0,10	240,000	0,00	2400,000	0,00
0,026	0,00	0,052	0,00	2,600	0,00	28,600	0,10	260,000	0,00	2600,000	0,00
0,028	0,00	0,056	0,00	2,800	0,00	30,800	0,10	280,000	0,00	2800,000	0,00
0,030	0,00	0,060	0,00	3,000	0,00	33,000	0,10	300,000	0,00	3000,000	0,00
0,032	0,00	0,064	0,00	3,200	0,00	35,200	0,10	320,000	0,00	3200,000	0,00
0,034	0,00	0,068	0,00	3,400	0,00	37,400	0,10	340,000	0,00	3400,000	0,00
0,036	0,00	0,072	0,00	3,600	0,00	39,600	0,10	360,000	0,00	3600,000	0,00
0,038	0,00	0,076	0,00	3,800	0,00	41,800	0,10	380,000	0,00	3800,000	0,00
0,040	0,00	0,080	0,00	4,000	0,00	44,000	0,10	400,000	0,00	4000,000	0,00
0,042	0,00	0,084	0,00	4,200	0,00	46,200	0,10	420,000	0,00	4200,000	0,00
0,044	0,00	0,088	0,00	4,400	0,00	48,400	0,10	440,000	0,00	4400,000	0,00
0,046	0,00	0,092	0,00	4,600	0,00	50,600	0,10	460,000	0,00	4600,000	0,00
0,048	0,00	0,096	0,00	4,800	0,00	52,800	0,10	480,000	0,00	4800,000	0,00
0,050	0,00	0,100	0,00	5,000	0,00	55,000	0,10	500,000	0,00	5000,000	0,00
0,052	0,00	0,104	0,00	5,200	0,00	57,200	0,10	520,000	0,00	5200,000	0,00
0,054	0,00	0,108	0,00	5,400	0,00	59,400	0,10	540,000	0,00	5400,000	0,00
0,056	0,00	0,112	0,00	5,600	0,00	61,600	0,10	560,000	0,00	5600,000	0,00
0,058	0,00	0,116	0,00	5,800	0,00	63,800	0,10	580,000	0,00	5800,000	0,00
0,060	0,00	0,120	0,00	6,000	0,00	66,000	0,10	600,000	0,00	6000,000	0,00
0,062	0,00	0,124	0,00	6,200	0,00	68,200	0,10	620,000	0,00	6200,000	0,00
0,064	0,00	0,128	0,00	6,400	0,00	70,400	0,10	640,000	0,00	6400,000	0,00
0,066	0,00	0,132	0,00	6,600	0,00	72,600	0,10	660,000	0,00	6600,000	0,00
0,068	0,00	0,136	0,00	6,800	0,00	74,800	0,10	680,000	0,00	6800,000	0,00
0,070	0,00	0,140	0,00	7,000	0,00	77,000	0,10	700,000	0,00	7000,000	0,00
0,072	0,00	0,144	0,00	7,200	0,00	79,200	0,10	720,000	0,00	7200,000	0,00
0,074	0,00	0,148	0,00	7,400	0,00	81,400	0,10	740,000	0,00	7400,000	0,00
0,076	0,00	0,152	0,00	7,600	0,00	83,600	0,10	760,000	0,00	7600,000	0,00
0,078	0,00	0,156	0,00	7,800	0,00	85,800	0,10	780,000	0,00	7800,000	0,00
0,080	0,00	0,160	0,00	8,000	0,00	88,000	0,10	800,000	0,00	8000,000	0,00
0,082	0,00	0,164	0,00	8,200	0,00	90,200	0,10	820,000	0,00	8200,000	0,00
0,084	0,00	0,168	0,00	8,400	0,00	92,400	0,10	840,000	0,00	8400,000	0,00
0,086	0,00	0,172	0,00	8,600	0,00	94,600	0,10	860,000	0,00	8600,000	0,00
0,088	0,00	0,176	0,00	8,800	0,00	96,800	0,10	880,000	0,00	8800,000	0,00
0,090	0,00	0,180	0,00	9,000	0,00	99,000	0,10	900,000	0,00	9000,000	0,00
0,092	0,00	0,184	0,00	9,200	0,00	101,200	0,10	920,000	0,00	9200,000	0,00
0,094	0,00	0,188	0,00	9,400	0,00	103,400	0,10	940,000	0,00	9400,000	0,00
0,096	0,00	0,192	0,00	9,600	0,00	105,600	0,10	960,000	0,00	9600,000	0,00
0,098	0,00	0,196	0,00	9,800	0,00	107,800	0,10	980,000	0,00	9800,000	0,00
0,100	0,00	0,200	0,00	10,000	0,00	110,000	0,10	1000,000	0,00	10000,000	0,00

Operator name:

Annexes

ANNEXE-10

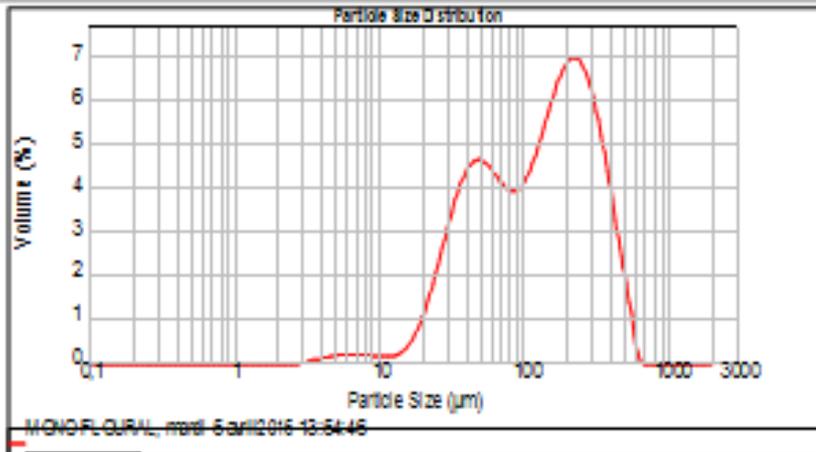
Résultats d'analyse granulométrique de la poudre de pollen mono floral



Result Analysis Report

Sample Name: MONO FLOURAL	SOP Name:	Measured: mardi 5 avril 2016 13:54:46	
Sample Source & type:	Measured by: Intrac	Analysed: mardi 5 avril 2016 13:54:47	
Sample bulk lot ref: 05/04/2016	Result Source: Measurement		
Particle Name: DEFAULT	Accessory Name: Sciocco 2000 (A)	Analysis model: General purpose	Sensitivity: Normal
Particle RI: 1,520	Absorption: 1	Size range: 0,020 to 2000,000 um	Obscuration: 1,92 %
Dispersant Name: Dry dispersion	Dispersant RI: 1,000	Weighted Residual: 3,907 %	Result Emulsion: Off
Concentration: 0,0041 %/wt	Span: 2,380	Uniformity: 0,765	Result units: Volume
Specific Surface Area: 0,0911 m ² /g	Surface Weighted Mean D[0,2]: 65,883 um	Vol Weighted Mean D[4,3]: 158,491 um	

d[0.1]: 31,312 um d[0.5]: 128,864 um d[0.9]: 308,270 um



Size (um)	Volume (%)						
0.075	0.00	1.00	0.00	11.80	0.14	132.00	4.40
0.090	0.00	1.25	0.00	14.10	0.24	150.00	10.00
0.105	0.00	1.50	0.00	16.70	0.38	170.00	2.00
0.120	0.00	1.80	0.00	20.00	0.57	195.00	2.60
0.135	0.00	2.25	0.00	24.00	0.80	220.00	4.20
0.150	0.00	2.70	0.00	28.80	1.14	245.00	6.00
0.165	0.00	3.30	0.00	34.50	1.58	270.00	8.00
0.180	0.00	4.00	0.00	41.10	2.14	295.00	10.00
0.195	0.00	4.80	0.00	48.60	2.84	320.00	12.00
0.210	0.00	5.70	0.00	57.90	3.68	345.00	14.00
0.225	0.00	6.75	0.00	68.80	4.67	370.00	16.00
0.240	0.00	8.10	0.00	81.30	5.81	395.00	18.00
0.255	0.00	9.60	0.00	95.40	7.11	420.00	20.00
0.270	0.00	11.25	0.00	111.10	8.58	445.00	22.00
0.285	0.00	13.00	0.00	129.60	10.22	470.00	24.00
0.300	0.00	14.85	0.00	150.90	12.04	495.00	26.00
0.315	0.00	16.80	0.00	175.20	14.04	520.00	28.00
0.330	0.00	18.90	0.00	202.60	16.32	545.00	30.00
0.345	0.00	21.15	0.00	234.30	18.88	570.00	32.00
0.360	0.00	23.60	0.00	270.60	21.72	595.00	34.00
0.375	0.00	26.25	0.00	311.70	24.84	620.00	36.00
0.390	0.00	29.10	0.00	357.80	28.24	645.00	38.00
0.405	0.00	32.10	0.00	409.20	31.92	670.00	40.00
0.420	0.00	35.25	0.00	466.20	35.88	695.00	42.00
0.435	0.00	38.55	0.00	529.10	40.12	720.00	44.00
0.450	0.00	42.00	0.00	598.20	44.64	745.00	46.00
0.465	0.00	45.60	0.00	673.80	49.44	770.00	48.00
0.480	0.00	49.35	0.00	756.30	54.54	795.00	50.00
0.495	0.00	53.25	0.00	846.00	60.00	820.00	52.00
0.510	0.00	57.30	0.00	943.20	65.82	845.00	54.00
0.525	0.00	61.50	0.00	1048.20	72.00	870.00	56.00
0.540	0.00	65.85	0.00	1161.30	78.54	895.00	58.00
0.555	0.00	70.35	0.00	1282.80	85.44	920.00	60.00
0.570	0.00	75.00	0.00	1423.20	92.70	945.00	62.00
0.585	0.00	79.80	0.00	1582.80	100.32	970.00	64.00
0.600	0.00	84.75	0.00	1762.00	108.30	995.00	66.00
0.615	0.00	89.85	0.00	1961.20	116.64	1020.00	68.00
0.630	0.00	95.10	0.00	2181.00	125.32	1045.00	70.00
0.645	0.00	100.50	0.00	2421.90	134.32	1070.00	72.00
0.660	0.00	106.05	0.00	2683.50	143.64	1095.00	74.00
0.675	0.00	111.75	0.00	2966.40	153.30	1120.00	76.00
0.690	0.00	117.60	0.00	3271.20	163.32	1145.00	78.00
0.705	0.00	123.60	0.00	3598.50	173.70	1170.00	80.00
0.720	0.00	129.75	0.00	3948.90	184.44	1195.00	82.00
0.735	0.00	136.05	0.00	4322.80	195.54	1220.00	84.00
0.750	0.00	142.50	0.00	4720.80	207.00	1245.00	86.00
0.765	0.00	149.10	0.00	5143.50	218.82	1270.00	88.00
0.780	0.00	155.85	0.00	5591.40	231.00	1295.00	90.00
0.795	0.00	162.75	0.00	6065.10	243.54	1320.00	92.00
0.810	0.00	169.80	0.00	6565.20	256.44	1345.00	94.00
0.825	0.00	176.95	0.00	7092.30	269.70	1370.00	96.00
0.840	0.00	184.20	0.00	7747.20	283.32	1395.00	98.00
0.855	0.00	191.65	0.00	8430.60	297.30	1420.00	100.00
0.870	0.00	199.20	0.00	9143.20	311.64	1445.00	102.00
0.885	0.00	206.85	0.00	9885.60	326.34	1470.00	104.00
0.900	0.00	214.65	0.00	10658.40	341.40	1495.00	106.00
0.915	0.00	222.60	0.00	11462.40	356.82	1520.00	108.00
0.930	0.00	230.70	0.00	12298.20	372.60	1545.00	110.00
0.945	0.00	238.95	0.00	13166.50	388.74	1570.00	112.00
0.960	0.00	247.35	0.00	14068.00	405.24	1595.00	114.00
0.975	0.00	255.90	0.00	15003.40	422.08	1620.00	116.00
0.990	0.00	264.60	0.00	15973.40	439.26	1645.00	118.00
1.005	0.00	273.45	0.00	16978.60	456.78	1670.00	120.00
1.020	0.00	282.45	0.00	18019.60	474.66	1695.00	122.00
1.035	0.00	291.60	0.00	19097.00	492.88	1720.00	124.00
1.050	0.00	300.90	0.00	20211.40	511.44	1745.00	126.00
1.065	0.00	310.35	0.00	21363.40	530.36	1770.00	128.00
1.080	0.00	319.95	0.00	22553.60	549.60	1795.00	130.00
1.095	0.00	329.70	0.00	23782.60	569.16	1820.00	132.00
1.110	0.00	339.60	0.00	25051.00	589.04	1845.00	134.00
1.125	0.00	349.65	0.00	26359.40	609.24	1870.00	136.00
1.140	0.00	359.85	0.00	27708.40	629.76	1895.00	138.00
1.155	0.00	370.20	0.00	29098.60	650.60	1920.00	140.00
1.170	0.00	380.70	0.00	30530.60	671.76	1945.00	142.00
1.185	0.00	391.35	0.00	32004.80	693.24	1970.00	144.00
1.200	0.00	402.15	0.00	33522.80	715.04	1995.00	146.00
1.215	0.00	413.10	0.00	35085.20	737.16	2020.00	148.00
1.230	0.00	424.20	0.00	36692.60	759.60	2045.00	150.00
1.245	0.00	435.45	0.00	38345.60	782.36	2070.00	152.00
1.260	0.00	446.85	0.00	40044.80	805.44	2095.00	154.00
1.275	0.00	458.40	0.00	41790.80	828.84	2120.00	156.00
1.290	0.00	470.10	0.00	43584.20	852.56	2145.00	158.00
1.305	0.00	481.95	0.00	45426.60	876.60	2170.00	160.00
1.320	0.00	493.95	0.00	47318.60	900.96	2195.00	162.00
1.335	0.00	506.10	0.00	49260.80	925.64	2220.00	164.00
1.350	0.00	518.40	0.00	51253.80	950.64	2245.00	166.00
1.365	0.00	530.85	0.00	53298.20	975.96	2270.00	168.00
1.380	0.00	543.45	0.00	55394.60	1001.60	2295.00	170.00
1.395	0.00	556.20	0.00	57543.60	1027.56	2320.00	172.00
1.410	0.00	569.10	0.00	59745.80	1053.84	2345.00	174.00
1.425	0.00	582.15	0.00	62001.80	1080.36	2370.00	176.00
1.440	0.00	595.35	0.00	64312.20	1107.12	2395.00	178.00
1.455	0.00	608.70	0.00	66677.60	1134.12	2420.00	180.00
1.470	0.00	622.20	0.00	69098.60	1161.36	2445.00	182.00
1.485	0.00	635.85	0.00	71575.80	1188.84	2470.00	184.00
1.500	0.00	649.65	0.00	74109.80	1216.56	2495.00	186.00
1.515	0.00	663.60	0.00	76699.20	1244.52	2520.00	188.00
1.530	0.00	677.70	0.00	79344.60	1272.72	2545.00	190.00
1.545	0.00	691.95	0.00	82046.60	1301.16	2570.00	192.00
1.560	0.00	706.35	0.00	84805.80	1329.84	2595.00	194.00
1.575	0.00	720.90	0.00	87622.80	1358.76	2620.00	196.00
1.590	0.00	735.60	0.00	90498.20	1387.92	2645.00	198.00
1.605	0.00	750.45	0.00	93432.60	1417.32	2670.00	200.00
1.620	0.00	765.45	0.00	96426.60	1446.96	2695.00	202.00
1.635	0.00	780.60	0.00	99480.80	1476.84	2720.00	204.00
1.650	0.00	795.90	0.00	102595.80	1506.96	2745.00	206.00
1.665	0.00	811.35	0.00	105772.20	1537.32	2770.00	208.00
1.680	0.00	826.95	0.00	109010.60	1567.92	2795.00	210.00
1.695	0.00	842.70	0.00	112311.60	1598.76	2820.00	212.00
1.710	0.00	858.60	0.00	115675.80	1629.84	2845.00	214.00
1.725	0.00	874.65	0.00	119103.80	1661.16	2870.00	216.00
1.740	0.00	890.85	0.00	122596.20	1692.72	2895.00	218.00
1.755	0.00	907.20	0.00	126153.60	1724.52	2920.00	220.00
1.770	0.00	923.70	0.00	129776.60	1756.56	2945.00	222.00
1.785	0.00	940.35	0.00	133465.80	1788.84	2970.00	224.00
1.800	0.00	957.15	0.00	137221.80	1821.36	2995.00	226.00
1.815	0.00	974.10	0.00	141045.20	1854.12	3020.00	228.00
1.830	0.00	991.20	0.00	144936.60	1887.12	3045.00	230.00
1.845	0.00	1008.45	0.00	148896.60	1920.36	3070.00	232.00
1.860	0.00	1025.85	0.00	152925.80	1953.84	3095.00	234.00
1.875	0.00	1043.40	0.00	157024.80	1987.56	3120.00	236.00
1.890	0.00	1061.10	0.00	161194.20	2021.52	3145.00	238.00
1.905	0.00	1078.95	0.00	165434.60	2055.72	3170.00	240.00
1.920	0.00	1096.95	0.00	169746.60	2090.16	3195.00	242.0

Annexes

ANNEXE-11

Tableau8 : matériel et réactif

Matérielle	Réactif
Appareil de kjeldahl	Eau distillé
Appareil de soxhlet	Hexane
Etuve	Éthanol
Four à moufle	Hydroxyde de sodium
Hotta vapeur	Phénol
Agitateur	Acide sulfurique
Bain-marie	Sulfate de sodium
Centrifugeuse	Phénolphtaléine
Spectromètre	Glucose
Granulométrie LASER	Glycérine
Distillateur automatique (VELP)	Acide phosphorique
Microscope	-
Balance électrique	-
Mortier	-
Thermomètre	-
Blinder	-
Micropipette	-
Plaque en verre	-
Lame et lamelle	-
Matras	-
Capsule	-
Pince	-
Burette	-
Réfrigérant	-
Éprouvette	-
Fiole (gaugé et conique)	-
Récipient	-
Cylindre	-
Bécher	-
Pipette	-
Spatule	-

Annexes
